Yale Medical Library

Aus dem keramischen Laboratorium der Abteilung für Prothetik und Kieferorthopädie des zahnärztlichen Universitätsinstituts Jena.
Leiter: Prof. Dr. Klughardt.

Ein Beitrag zur Kritik der Verarbeitungsmethoden zahnärztlicher Porzellanmassen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen medizinischen Fakultät

an der

Thüringischen Landesuniversität Jena

vorgelegt von

Gustav Wienands
aus Hutzfeld

Würzburg 1932

Buchdruckerei Konrad Triltsch

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Jena.

Gutachter:
Professor Klughardt.

Jena, den 29. 8. 32

Prof. Berblinger
dz. Dekan.

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153320_0032

Als Werkstoff der prothetischen und konservierenden Technik hat das Porzellan seinen festen Platz erhalten. Seine wesentlichen Vorzüge, welche in einem vollendeten kosmetischen Erfolg, in der einwandfreien Isolierung gegen thermische Schädigungen sowie in der vollkommenen Reizlosigkeit der dem hochglasierten Material anliegenden Schleimhaut bestehen, stellen es nach theoretisch-qualitativen Gesichtspunkten heute an die Spitze aller Füllungs- und Ersatzmaterialien.

Dennoch wird die Anwendungsmöglichkeit durch die mechanische Unzuverlässigkeit des Materials, welche durch eine nur geringe Biege- bezw. Zugfestigkeit bedingt ist, sowie durch die in vielen Fällen schwierige Verarbeitung erheblich eingeschränkt.

Die Herstellung einer jeden Porzellanarbeit zerfällt in den klinischen Teil, d. h. die Präparation des Zahnstumpfes oder der Kavität, und in den technischen Laboratoriumsprozeß.

Nach diesen beiden Arbeitsphasen gliedern sich auch die Erfahrungen, die seit den ersten Veröffentlichungen über die Anwendbarkeit des Porzellans festliegen, und welche zu einer wesentlichen Erweiterung der Indikation geführt haben.

Eine genaue Schematisierung des klinischen Arbeitsganges ist hierfür die erste Grundlage. Bekannte amerikanische und europäische Autoren haben ein einheitliches System der Kavitäten- und Stumpfpräparation geschaffen, sodaß auf Grund solcher genormten Arbeitsbedingungen eine sichere Festlegung der Indikationsgrenzen gegeben ist.

Dennoch bleibt das wichtigste Mittel zur Vermeidung von Brüchen des Porzellankörpers die funktionelle Anpassung von Kauflächen und Brückenkörpern an die bestehenden Belastungsverhältnisse, gegebenenfalls unter Hintansetzung kosmetischer Forderungen, wenn diese auch sonst bei allen Porzellanarbeiten an erster Stelle zu beachten sind.

Bei festliegenden Anwendungsmöglichkeiten in Gestalt der jeweils zur Auswirkung gelangenden Grenzwerte des Kaudrucks, bezw. seiner horizontalen Komponenten, sowie der Widerstandsfähigkeit der Zahnsubstanz an sich müssen sich alle Forderungen auf die Einhaltung dieser Grenzen zur Vermeidung von Mißerfolgen beschränken. Eine Vereinfachung des Arbeitsganges der Präparation mag hier in Zukunft zu

erstreben sein. Eine prinzipielle Erweiterung der Indikation ist nach meiner Ansicht nicht mehr zu erwarten.

Die Tatsache, daß die klinische Erfahrung eine hinreichend genaue Abgrenzung der Indikation des Porzellans erlaubt, ohne jedoch zu einer wesentlichen Erweiterung den Weg zu zeigen, zwingt uns, den physikalischen Eigenschaften des Werkstoffes, manchen Prinzipien der industriellen Verarbeitung sowie den Richtlinien, nach denen heute die technische Prüfung des Porzellans erfolgt, unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, ist der Arbeitsgang des Dentalporzellans im zahnärztlichen Laboratorium weiter auszubauen.

Als Haupteigenschaften eines guten Porzellans verlangt Rieke:

1.) Gute Verarbeitungsmöglichkeit im Rohzustand,
2.) Ausreichende Trockenfestigkeit,
3.) Bildung eines transparenten Scherbens bei gut erreichbarer Temperatur,
4.) ausreichende Standfestigkeit; d. h. bei Zustandekommen der Transparenz soll keine nennenswerte Formänderung eintreten.
5.) Keine unerwünschte Verfärbung bei höheren Temperaturen.

Diese Festlegung der Forderungen an eine erstklassige Porzellanmasse bezieht sich in erster Linie auf das industrielle Hartporzellan, ist also auf Dentalporzellane zunächst nur bedingt anwendbar.

Ehe nun auf die Eigenschaften, die vom zahnärztlichen Standpunkt aus von einem brauchbaren Porzellan zu verlangen sind, näher eingegangen werden kann, soll kurz der Prozeß der Porzellanentstehung während des Brandes gestreift werden, um die Bedeutung derjenigen Rohstoffe, die in der zahnärztlichen Keramik am meisten Verwendung finden, sowie die physikalisch-chemischem Prozesse während des Trocknens und Brennens zu erläutern, deren Veränderlichkeit den Keramiker vor die meisten Probleme stellt.

Jedes echte Porzellan besteht bekanntlich aus den drei Grundstoffen Feldspat, Kaolin und Quarz. Nach dem Vorkommen dieser drei Stoffe in der Masse werden die Porzellane praktisch in Hart- und Weichporzellane eingeteilt.

Im Hartporzellan lautet das Verhältnis etwa: 50% Kaolin, 25% Feldspat und 25% Quarz. Dieses Mengenverhältnis, der hohe Kaolinprozentsatz, der stark zurücktretende Zusatz von Feldspat und Quarz, der sog. Flußmittel, bilden das charakteristische Kennzeichen des Hartporzellans.

Der engere Prozeß der Porzellanbildung während des Brandes geht nun nach neueren Anschauungen folgendermaßen vor sich:

Nachdem das bei der Vortrocknung zurückgebliebene Wasser bei etwa 110° Celsius vollkommen verdunstet ist, tritt nach Erreichen einer Temperatur von etwa 600° Celsius der Zerfall der Tonsubstanz in Tonerde und Kieselsäure ein unter gleichzeitigem Freiwerden des in der Tonsubstanz enthaltenen Kristallwassers. Bei etwa 900° beginnt eine abermalige Vereinigung von Teilen Tonerde und Kieselsäure. Es entsteht ein zunächst amorphes Silikat, das Mullit. Frühere Autoren betrachteten es als identisch mit Sillimanit. Durch neuere Untersuchungen z. T. auf der Grundlage der optischen Eigenschaften dieser Stoffe, die chemisch recht nahe verwandt sind ($Al_2 O_3 2 Si O_2$ bezw. $Al_2 O_3 Si O_2$) hat sich dieser Irrtum herausgestellt. Das Temperaturintervall von etwa 1300° bis über 1400° ist als entscheidend für die Bildung des echten Porzellans anzusehen. Der Feldspat schmilzt zu einer durchsichtigen Schmelze von hoher Viskosität. Mit wachsender Temperatur steigt infolge einer Verringerung der Viskosität das Lösungsvermögen des Feldspates für Kieselsäure, (Quarz), Tonerde und Mullit; ungeschmolzene Quarzsplitter rücken zusammen unter dem Einfluß der Oberflächenspannung des Lösungsmittels, und die vollkommene Schließung bezw. das Ausfüllen aller Poren mit der Feldspatschmelze bedeutet das Ende der Sinterung.

Die größere Flüssigkeit des Feldspates nimmt mit der Aufnahme der Kieselsäure rasch wieder ab. Es geschieht dies auch bei Temperaturen, die weit über seinem Schmelzpunkt liegen. Diese Eigenschaft des Feldspates ist wohl die wichtigste Ursache der Formerhaltung des sinternden Porzellans; sie begründet seine einzigartige Eignung zur Porzellanherstellung. (R i e k e).

Beim Abkühlen scheidet sich der zuerst amorphe Mullit in Form langgestreckter Kristallnadeln wieder aus. Das Vorhandensein dieser Kristallnadeln ist ein Zeichen dafür, daß im Brennprozeß eine Temperatur von 1400° und mehr erreicht wurde. Es ist für jedes echte Porzellan charakteristisch.

Bei den Dentalporzellanen wird der Punkt der vollständigen Lösung aller Kieselsäure in der Feldspatschmelze nie erreicht. Die gebräuchlichen Elektroöfen erreichen im allgemeinen als Maximum eine Temperatur von 1400°, nur 20° über dem Schmelzpunkt der in der zahnärztlichen Keramik verwandten hochfließenden Massen.

Der Unterschied zwischen der Zusammensetzung des Industrieporzellans und der hochfließenden Dentalmassen ist außerordentlich

groß. Beträgt dort der Gehalt an Tonsubstanz volle 50% gegen je 25% Quarz und Feldspat, so sinkt nach den Angaben von Watts, die in die deutsche Literatur übernommen wurden (Brill u. a.) bei den zahnärztlichen Porzellanen

der Gehalt an Tonsubstanz auf	4%
der Gehalt an Quarz auf	15%
dagegen steigt der Feldspatzusatz auf	81%.

Nicht so ausgesprochene Resultate ergaben Versuche von Rieke, der einen Feldspatgehalt von 73 %,
Quarzgehalt von 24,6%
Gehalt an Marmor von ca. 2,3%
feststellen konnte (nach Brill).

Leichtschmelzende Porzellane sind in ihrer Zusammensetzung charakterisiert durch einen Gehalt an:

Borsäure meist in Form von $Na\ B_4O_7$	ca.	10%
Quarz	ca.	60%
Feldspat	ca.	12%
Na Ca als Karbonate je	ca.	7—8%

Zusätze zur Erhöhung der Transparenz, Zinnoxyd u. a.
Organische Zusätze zur Erhöhung der Plastizität.

In der Zusammensetzung der hoch- und niedrigschmelzenden Dentalporzellanmassen bestehen demnach große Unterschiede, dagegen ist die Zusammensetzung zahnärztlicher Massen von gleichem oder fast gleichem Schmelzpunkt, abgesehen von irgend welchen Geheimzusätzen der Firmen, als gleichmäßig anzusehen. In diesen Grenzen bestehen also einheitliche Grundsätze der Verarbeitung für alle Fabrikate.

Eine Ausnahme machen nur die Spezialblockmassen, z. B. die Gutowski-Grundmasse, die durch ihr stark abweichendes Verhalten eine besondere Behandlung verlangt.

Zu den oben angeführten Forderungen von Rieke können wir feststellen, daß nicht nur alle diese Punkte, sinngemäß angewandt, auch für zahnärztliche Porzellanmassen gültig sind, sondern daß eine Reihe sehr wesentlicher Forderungen, die z. T. durch die Anforderungen der Klinik, z. T. durch die spezielle Art der Verarbeitung im zahnärztlichen Laboratorium bedingt sind, hinzukommen. Dies sind im wesentlichen:

1.) Möglichst geringe Trockenschwindung,
2.) Dichte des Scherbens in Bezug auf

a) Struktur
b) Gehalt der Masse an Luftblasen und Einschlüssen.

Als Folge

3.) Farbenreine Transparenz und mechanische Widerstandsfähigkeit.
4.) Keine Bildung von Gaseinflüssen bei bis zu vier Bränden (Karbonate, CO_2, Veränderungen der Metalloxyde).

Die physikalischen Eigenschaften des Porzellans, die für uns von Wichtigkeit sind, werden in hervorragendem Maße durch Verschiebungen in der Zusammensetzung der Masse beeinflußt. Die Rolle, die die einzelnen Rohstoffe hierbei spielen, ist z. T. so genau umrissen, daß es, wenn man in das Zusammenspiel der Einflüsse einen Einblick gewinnen will, notwendig ist, sich mit diesen Wirkungen zu beschäftigen, um zu den Möglichkeiten der Vervollkommnung zahnärztlicher Porzellanarbeiten innerhalb des technischen Arbeitsganges Stellung nehmen zu können.

Der wichtigste Rohstoff ist naturgemäß das Kaolin, bezw. der nahe verwandte Ton. Für reine Hartporzellane absolut charakteristisch sind sie für die Betrachtung dentaler Porzellanmassen wegen ihres prozentual kleinen Zusatzes von geringerem Interesse. Da der Kaolin- bezw. Tonsubstanzzusatz aber im Ablauf der chemischen Prozesse während des Brandes eine große Rolle spielt, sein Vorhandensein oder Fehlen die Unterscheidung zwischen Porzellan- und Emaillemassen bedeuten kann, wie ja auch bei strenger Unterscheidung alle zahnärztlichen Porzellanmassen diesen Namen zu Unrecht führen (Brill), da Schmelzpunkt und mechanische Eigenschaften der verarbeiteten Masse in sehr hohem Grade von einem auch nur geringen Zusatz abhängig sind, muß auf diese Einflüsse im Rahmen des Themas näher eingegangen werden.

Tonerde wie Kaolin gingen aus feldspathaltigen Gesteinen hervor, wobei als charakteristisch für Tonerde zu bemerken ist, daß sie sich stets an sekundärer Lagerstätte findet. Über die Entstehung gibt es eine Reihe von Theorien, die jedoch an dieser Stelle nicht berücksichtigt werden können. Beide Rohstoffe sind charakterisiert durch den Gehalt an Tonsubstanz, der, je nach den Fundstätten verschieden, ihren Schmelzpunkt bestimmt. Aus der Tatsache, daß Kaolin stets mit anorganischen Stoffen, Ton dagegen mit organischen Beimengungen verunreinigt ist, erklärt sich neben der außerordentlichen Feinheit der Tonsubstanzteilchen im zweiten Fall die weitüberlegene Plastizität des Tones und im Zusammenhang damit ein höheres Bindevermögen, d. h. die Fähigkeit, mit einer größeren Mengen nichtplastischer Substanz eine Masse von genügender Trockenfestigkeit zu bilden.

Bestimmenden Einfluß nimmt die Tonsubstanz neben den oben erwähnten Flußmitteln auf die Schwindungsvorgänge in der Masse; im Hinblick auf die unten gebrachten Untersuchungen muß hier die Unterscheidung zwischen Trocken- und Feuerschwindung betont werden, — ihre Sinterung, Verdichtung bis zum Porenschluß, die damit verbundene Steigerung der mechanischen Eigenschaften bilden den wesentlichsten Bestandteil des Brennvorganges aller aus Kaolin- oder tonhaltigen Massen hergestellten Tonwaren (Rieke).

Für Dentalporzellan von ausschlaggebender Wichtigkeit ist die Auswahl des Feldspats. Die Reinheit des Rohstoffes ist für die Transparenz des Fertigproduktes entscheidend. Von den in der Natur vorkommenden Formen kommt für Dentalporzellane nur der Kalifeldspat in Frage, meist in Form des Orthoklas, der bei der chemischen Formel $K_2O\ Al_2\ O_3\ 6\ Si\ O_2$ neben ca. 18% Tonerde und 17% Kali fast 65% Kieselsäure enthält. Selbst unter den reinsten Sorten ist die Auswahl noch so streng, daß Watts die Tatsache, daß fast die gesamte amerikanische dentalkeramische Industrie sich zeitweilig in Philadelphia konzentrierte, nur auf das Vorkommen von Kalifeldspat in außerordentlicher Reinheit zurückführt. Watts sieht die Vorteile des Kalifeldspates:

1.) In dem dreimal größeren Schmelzintervall als bei Natronfeldspat,

2.) in der größeren Reinheit des Glasflusses.

Ebenso bedeutungsvoll ist die Korngröße nach dem Mahlen. Die Rolle des Feldspates im Brande ist bereits erwähnt, in der glasigen Schmelze sind teils gelöst, teils kristallin ausgeschieden Tonerde, Mullit und Kieselsäure enthalten, je nach den erreichten Temperaturen.

In den Arbeiten über zahnärztliche Keramik der letzten Jahre sind die verschiedensten Ansichten über die Gründe der so außerordentlich gesteigerten Transparenz aller in der Zahnheilkunde verwandten Porzellane veröffentlicht worden.

Nach Russo beruht sie auf:

1.) der durchsichtigen Verbindung des Gemenges von Feldspat und Quarz und den darin suspendierten Sillimanitkristallen und Sillimanitteilchen.

2.) In der Farbnuancierung durch Metalloxyde und der verschiedenen Brechung der gefärbten Kristalle. Hierbei vergleicht Russo die Sillimanitkristalle sogar mit den Schmelzprismen, Feldspat und Quarz mit dem Schmelzoberhäutchen und der Kittsubstanz.

Hierzu muß ich bemerken, daß weder in den Schliffen, die Brill, noch in denen, die Moral in den einschlägigen Abhandlungen zeigen, noch in einem einzigen der von mir untersuchten Präparate Mullitkristalle nachzuweisen waren. Eine Ausnahme macht, ebenso wie vielleicht einige neuere Zahnfabrikate, der Duchateau-Zahn, von dem Brill und Moral Schliffe zeigen und von dem Brill eine höhere Brenntemperatur annimmt, während Moral vermutet, daß die Kristalle als Fertigprodukt, d. h. als eine höchstschmelzende Fritte in die Masse eingeführt wurden. Bei der Besprechung des Gußporzellans Eldentog werde ich hierauf zurückkommen.

Wenn also Hirsch verschiedentlich ein Zusammenfallen von hohen Nadelmengen und vorzüglicher Transparenz an Hartporzellanen feststellen konnte, so ist dieses Resultat auf zahnärztliche Porzellane nicht anwendbar, weil sie keine Mullitkristalle enthalten.

Brill macht die Transparenz von der Körnung der Masse abhängig, sowie von der Brenntemperatur und der Brenndauer. Hirsch findet bei reinen Kaolinmassen, d. h. 50% Kaolin, 20% Feldspat und 30% Quarz, Schmelzpunkt 1960°, bei Verwendung von norwegischem Gangquarz, Bergkristall und Geyserit ein häufiges Zusammentreffen von ausgezeichneter Transparenz und vielen ungelösten Quarzkristallen in einer klar durchsichtigen Grundmasse.

Bei sinkendem Feldspatgehalt und Einführung von 11% Tonerde sank die Transparenz bei verringerter Schwindung und verringertem spezifischem Gewicht. Der Quarz war in diesem Falle zum größten Teil gelöst.

Auf 15% der zuerst genannten Probe sank die Transparenz bei auf 12% sinkendem Feldspatgehalt und Verwendung von Pegmatit, einem Rohstoff, der geringe Mengen Tonsubstanz, in der Hauptsache Quarz und Feldspat in wechselndem Verhältnis enthält. Der Schmelzpunkt lag auch hier bei 1960°. Ungelöste Quarzteilchen waren nicht mehr nachzuweisen. Die Schwindung sank weiter auf ca. 11% gegen 12,7 und 13,8%.

Soweit die Untersuchungen von Hirsch, auf die ich noch zurückkommen werde. Trotz ihrer bedingten Anwendbarkeit geben sie ein klares Bild von dem Zusammenhang von Schwindung und Transparenz, sowie von dem Einfluß des Feldspat- und in zweiter Linie Quarzzusatzes.

Über die Bedeutung des Quarzes für Dentalporzellane ist das Wesentliche schon gesagt: Die Herabsetzung der Brennschwindung durch den Übergang in Christobalit und Tridymit unter Volumenvergrößerung von bis zu 16% bei vollständiger Umwandlung, die bei etwa

1100° beginnt, sein Einfluß auf die Viskosität des Feldspats bedingen wesentlich die Formerhaltung des sinternden Stückes.

Rieke gibt für die Transparenz die besten Resultate an bei Verwendung von norwegischem Gangquarz, was mit den Resultaten von Hirsch übereinstimmt.

Betrachten wir nach dem bis jetzt Gesagten die Möglichkeiten für den Zahnarzt, durch Verfeinerung des Herstellungsganges im Laboratorium in den oben genannten Punkten Fortschritte zu erzielen, die im Strukturbild der Masse ihren sichtbaren Ausdruck finden, bezw. die Notwendigkeit, in dieser Richtung weiterzuarbeiten, so sehen wir bereits bei Punkt 1, daß er eine dauernde Quelle von Ungenauigkeiten bildet. Den Mikelaartikulator des mitteldeutschen Laboratoriums vielleicht ausgenommen, der wegen seiner Konstruktion als Okkludator für die Herstellung eines normal funktionell beanspruchten Porzellanersatzes nicht in Frage kommt, gibt es bis heute keine Möglichkeit, unter Wahrung der im Interesse des Artikulationsgleichgewichtes zu fordernden Genauigkeit hinsichtlich der Kontaktpunkte etc. den Betrag der Trocken- und Feuerschwindung am Modell zu kompensieren, geschweige denn auf einen so geringen Betrag festzulegen, daß die bisher erforderliche Erhöhung der Zahl der Brände fortfällt. Bei der heutigen Verarbeitungsart der Dentalporzellane im zahnärztlichen Laboratorium ist die Trocken- ebenso wenig wie die Brennschwindung ein feststehender Wert. Sie hängt, gleichbleibende Zusammensetzung der Masse vorausgesetzt, ab von der jeweilig in der aufgebauten Porzellanmasse vorhandenen Wassermenge, umgekehrt also bei als gleich vorausgesetztem Volumen der ungebrannten Porzellankörper von der Zahl der in diesem Volumen enthaltenen Masseteilchen, die im wesentlichen bestimmt wird durch die Art der Kondensierung, der Wasserentziehung, sowie der Art und der Schnelligkeit, mit der beide Prozesse vor sich gehen. Die Kondensierung der feucht aufgetragenen Masse geschieht auch heute noch nach den Angaben von Brill, Le Gro und den nachfolgenden Autoren bei unplastischen Massen durch Riffelung mit dem Modellierinstrument, bei plastischen Massen — organische Zusätze — durch Pressen unter Verhinderung zu rascher Wasserentziehung oder durch Klopfen mit dem Spatel, die Wasserentziehung durch Absaugen mit Fließpapier, durch Erhitzen über der Flamme oder unter Benutzung von Gips, sei es in der Preßform, sei es durch Berühren mit Gipsstäbchen. Daß in diesen sich z. T. widersprechenden Methoden viele Fehlerquellen liegen, aber auch ebenso viele Möglichkeiten zur Verbesserung bei entsprechender Umstellung, liegt auf der Hand.

Für die Dichte und die mechanische Widerstandsfähigkeit ist auch die Brenntechnik neben der Zusammensetzung der Massen wesentlich bestimmend; letzteres scheidet für das Thema aus, weil es eine Angelegenheit der Porzellanfabriken ist und infolge der begleitenden Schmelzpunkterhöhung einer Steigerung durch die Leistungsfähigkeit der keramischen Elektroöfen eine gewisse Grenze gesetzt ist, selbst wenn in diesem Fall eine Transparenzverschlechterung umgangen werden könnte. Anders liegt es bei Punkt 3 und 4. Bei meinen Brennproben, die nachher zu Schliffen verarbeitet wurden, konnte ich beobachten, daß ein Zusammenhang zwischen der Transparenz und der Struktur besteht. Was die Dichte angeht, so mußte ich in der Beurteilung vorsichtiger sein, da immer die Möglichkeit einer Veränderung der Schliffdicke bestand.

Die Tatsache, daß Zusätze bestimmter Chemikalien die Transparenz erhöhen, ist für zahnärztliche Laboratorien, die nicht mit den nötigen Prüfapparaten ausgerüstet sind, bedeutungslos. Punkt 4 hängt, geeignete Rohstoffe vorausgesetzt, allein von der Möglichkeit ab, die Zahl der Brände und die Durchschnittshöhe der erreichten Temperaturen so niedrig wie möglich zu halten.

Wenn ich mich bei meinen Untersuchungen vollkommen auf die Verwertung von Dünnschliffen beschränkte, so geschah dies aus dem Grund, daß die mikroskopische Untersuchung bei durchfallendem Licht das einzige Mittel ist, uns über alle Struktureinzelheiten zu unterrichten, aus denen wir auf den Grad der Porzellanbildung, d. h. der Quarzlösung und den Charakter der vorliegenden Grundmasse unsere Schlüsse ziehen können. Die Verwendung des polarisierten Lichtes läßt fremde Einschlüsse ohne weiteres erkennen.

Mechanische Untersuchungen, die an sich recht nahe liegen, sind vollkommen wertlos, solange sie an verschieden geformten Prüfkörpern, die nicht nach einem genauen Schema gebrannt sind, womöglich noch an selbst erfundenen Prüfapparaten vorgenommen werden, da unter diesen Umständen jede Vergleichsmöglichkeit ausscheidet. Ich führe als Beweise einige Resultate der Arbeit von Günther und Loebell an über die Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit künstlicher Zähne, bei denen die Ergebnisse um bis zu 300% variieren. Man muß bedauern, daß die großen Porzellanfabriken noch keine speziellen, auch für den forschenden Praktiker verwendbaren Prüfverfahren vereinbart haben.

Sollen mikroskopische Untersuchungen ein klares Strukturbild des zu prüfenden Schliffes ergeben, so ist es erforderlich, zunächst ein

möglichst großes Bildfeld zu erfassen, d. h. mit der Vergrößerung nicht zu weit heraufzugehen, solange es sich nicht um die Untersuchung kleinerer Kristalle bezw. einzelner Bildelemente handelt.

Dies ist der Grund, weshalb ich den von Russo veröffentlichten Mikrophotogrammen, die als Unterlage für die Bewertung des Rüttelschlagverfahrens herangezogen werden, keine Beweiskraft zuerkennen kann. Bei einem derart kleinen Gesichtsfeld, wie es die 170fache Vergrößerung mit sich bringt, dazu noch bei polarisiertem Licht, wo alle Kristalle, die gerade in der Auslöschungsrichtung liegen, nicht sichtbar sind, lassen sich keinerlei sichere Schlüsse auf die Gesamtstruktur der Masse ziehen.

Russo spricht von einem stärkeren Zusammenrücken der Quarzkristalle, was aber nur unter zwei Voraussetzungen möglich sein würde: Entweder müßte die Verteilung der Quarzkristalle innerhalb des Stückes sich während des Rüttelprozesses ändern, oder es müßte der

Röntgenbild der Gutowskigrundmasse mit eingebranntem Vita Knopfzahn.

Abb. 1.

Fall eintreten, daß durch das Abnehmen des Zapfens eine Verschiebung der Zusammensetzung der Masse nicht zur Beobachtung kam. Ein stärkeres Zusammenrücken aller Teilchen durch sehr starke Kondensierung bezw. Trocknung dürfte in keinem Falle durch eine Beobachtung unter 170facher Vergrößerung zu beweisen sein, wo zudem die oben erwähnte Fehlerquelle jeden Schluß auf die wirkliche Zahl der Kristalle als Maßstab der Verdichtung der Masse unmöglich macht.

Knoche benutzt zur Prüfung größerer Porzellanarbeiten das Röntgenbild. Ich konnte mich davon überzeugen, daß in der Tat größere Hohlräume sehr gut sichtbar sind. Die Grenze, wo die Parallelität der Strahlen nicht mehr ausreicht, um auf Größe oder Form des Hohlraums einen sicheren Schluß zuzulassen, liegt aber so hoch, daß kleinere Blasen, die einer an sich schwachen Stelle der Arbeit zum

Verderben werden können, entweder durch Brechungserscheinungen kaum sichtbar sind oder durch ungünstige Projektion ganz verschwinden.

Die Abbildung 1 zeigt ein Röntgenbild eines Blockes mit zwei eingebrannten Zähnen. Es handelt sich um dasselbe Stück wie in dem Schliffphotogramm der Abbildung 25. Der Schliff ist durchsetzt mit Blasen, das Röntgenbild zeigt außer einigen Hohlräumen nur eine große Schliere zwischen der Masse und einem eingebrannten Zahn.

Nichtsdestoweniger ist das Röntgenbild in manchen Fällen sicher recht brauchbar. Suchen wir aber nach einer Arbeitsmethode, die die Blasen nicht nur dem Auge entzieht, sondern ihr Auftreten verhindert, so kann die Prüfung der Resultate nicht sorgfältig genug sein.

Was die Einbeziehung der einzelnen keramischen Arbeiten in eine Materialprüfung betrifft, so soll betont werden, daß grundsätzlich nur solche Stücke hierfür in Frage kommen, die zwei oder mehr in spitzem Winkel zueinander geneigte Flächen aufweisen, und deren Ausdehnung bezw. Randgestaltung eine starke Beanspruchung bezw. ungünstige Spannungsverteilung erwarten läßt.

Nach den allgemeinen physikalischen Gesetzen der Schwindung vollzieht sich diese nämlich umso glatter und reibungsloser, je mehr sich der zu brennende Körper der Kugelgestalt nähert; nach P u k a l l fällt in den meisten Fällen der Schwindungsmittelpunkt mit dem Schwerpunkt ungefähr zusammen. Das bedeutet also, um als ein Beispiel die Jacketkrone zu wählen, daß bei dieser alle Teilchen das Bestreben zeigen werden, sich während der Sinterung nach einem ideellen Punkt innerhalb des Hohlraumes hinzubewegen. Diese Bewegung, als ungehindert angenommen, würde sich aus zwei Komponenten zusammensetzen. Die erstere richtet sich, senkrecht zur Längsachse der Krone, nach dem Mittelpunkt des Kreises, den etwa alle in derselben Höhe liegenden Teilchen in der Aufsicht bilden; diese Bewegung wird während des Brandes fast ganz durch die umachgiebige Folie aufgenommen. Die andere Komponente richtet sich, wieder Reibungslosigkeit vorausgesetzt, nach der Mitte der Höhe der Krone, die aus dem Grunde in Ruhe bleiben wird, weil die von oben und unten angreifenden Kräfte sich kompensieren.

Bei dem Brande der Krone liegen die Dinge p r a k t i s c h so, daß nicht die Mitte der Krone in Ruhe bleibt, sondern eine Ebene, die auf der Mittellängsachse der Krone senkrecht steht und durch die oberste Kuppe der Platinfolie gelegt zu denken ist. Durch die Folie wird ihre Ruhigstellung erzwungen; alle Teilchen, die unter ihr liegen, müssen

diesem Zuge folgen, ebenso alle darüberliegenden; während diese aber durch keine Reibung irgendwelcher Art gehindert werden, die ihnen nach Ablauf der Schwindung am meisten zusagende Lage einzunehmen, d. h. die Schwindung hier vollkommen harmonisch erfolgt, haben alle Teilchen, die unterhalb des erzwungenen Schwindungszentrums liegen, den starken Reibungswiderstand der Folie zu überwinden. Durch die Verlegung des natürlichen Schwindungsmittelpunktes an die obere Kuppe der Folie treten also wenige Millimeter unterhalb dieser Kuppe starke Spannungen auf, die ganz unbedingt zur Rissebildung führen, wenn sie die Adhäsion der Masseteilchen an dieser Stelle überwinden. Nehmen wir eine Jacketkrone der Einfachheit halber konisch an, so sehen wir, daß alle Teilchen, welche die Möglichkeit haben, diesem Zug nach oben zu folgen, auch dem horizontalen Schwindungszug in gewissem Maße nachgeben können. Ist das erstere unmöglich, so tritt die Rissebildung unter dem Einfluß beider Komponenten, d. h. in einer zur Längsachse steil spiraligen Linie ein, wobei die Neigung zur Rissebildung mit der annähernden Parallelität der Kronenwände wächst.

Die Tatsache, daß diese Risse meist erst nach dem Brande sichtbar werden, ist kein Beweis dafür, daß ihre Entstehung nur der Brennschwindung zuzuschreiben ist; die Zusammenhangstrennung ist nach dem Trockenprozeß noch so gering, daß sie mit bloßem Auge nicht zu erkennen ist; selbst wenn diese Teile den äußeren Zusammenhang noch erhalten haben, so bereitet die Auflockerung des Gefüges der ineinander verfilzten Masseteilchen den späteren Riß vor.

Was ist nun bis jetzt geschehen, in welchem Maße sind die Möglichkeiten ausgenutzt worden, die mit Sicherheit eine Weiterentwicklung der keramischen Laboratoriumstechnik aussichtsreich erscheinen lassen?

Prinzipiell sind hier zwei Wege zu unterscheiden: Der eine nimmt alle die Erscheinungen, welche die Qualität des Porzellans verringern und den Herstellungsgang komplizieren, als nun einmal bestehende Eigenheiten des Porzellans in Kauf und sucht sie durch entsprechende Maßnahmen zu umgehen, soweit dies möglich ist. Hierher gehören die Methoden, die eine Trennung der Masse von Stellen der Folie bezwecken, an denen die Masse unter dem Einfluß der Schwindung besonders große Strecken zurücklegen muß, oder die durch Teilung des Stückes beim ersten Brand die Gesamtschwindung in kleine ungefährliche Einzelschwindungen zu zerlegen suchen. Bei einfachen Formen des Stückes sind solche Verfahren durchaus genügend und dies umso

mehr, je mehr die oben erwähnten idealen Schwindungsverhältnisse erreicht werden. Wie weit es überhaupt nötig ist, solche einfachsten Formen unter diesen Umständen der manuellen Kondensierung zu unterziehen, zeigten die Schliffe, denen die Abbildungen 25 und 26 entstammen, die bei der Behandlung des künstlichen Trockenverfahrens von Kretz gebracht werden, was eben auf der Tatsache beruht, daß der veränderliche Betrag der Schwindung, keinen besonderen Widerstand vorausgesetzt, eine geringere Kondensierung in gewissem Maße ausgleichen kann.

Der andere Weg sucht diese Fehlerquellen, soweit sie überhaupt ohne Änderung der Zusammensetzung der Masse zu beeinflussen sind, durch entsprechende Behandlung im Laboratorium auszuschalten und auf diesem Wege die vollkommensten Resultate zu erzielen. Diese Verfahren streben also im Gegensatz zu den oben genannten, die der Vereinfachung dienen, eine Verbesserung an, indem sie das Gefüge der Masse zu beeinflussen suchen, und wenn wir alle oben genannten Kunstgriffe ausschalten, dann behalten nur zwei Verfahren unser Interesse, die auf die Struktur des Brandgutes einwirken, sie verbessern und so ihr Teil zur Erweiterung der Indikation des Porzellans in der konservierenden wie prothetischen Technik beitragen sollen.

Es handelt sich um das seit einigen Jahren eingeführte Rüttelschlagverfahren und das Trockenverfahren unter Benutzung des „Jäcksiccators“ von Kretz; Verfahren, die nach wesentlich anderen Prinzipien arbeiten, sind mir aus der einschlägigen Literatur nicht bekannt geworden. Abgesehen von Beiträgen von Russo und Kretz und einer neuerdings erschienenen Abhandlung von Knoche sind die beiden Methoden auch noch keiner Prüfung unterzogen worden, vielmehr scheint in Bezug auf ihre Wirksamkeit noch einige Skepsis zu herrschen. In neuerer Zeit wurde von Selberg, Minneapolis, ein Apparat angegeben, der nach demselben Prinzip wie das Rüttelschlagverfahren arbeitet. Es wird über eine Abnahme der linearen Schwindung auf 7,7% gegenüber 15.4% bei nichtkondensiertem Porzellan berichtet. Selbergs Ansichten über Transparenz unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der deutschen Autoren; als das Haupthindernis der Erzielung einer glatten transparenten Oberflächenschicht sieht er die Blasenbildung an.

Nach Aufbrennen eines dünnen Biskuitüberzuges kondensiert er die Masse in eine Zelluloidhülse, die über dem Stumpf befestigt ist. Letzterer ruht in einem Gleitlager auf einer rotierenden Scheibe, die

durch Riefen das Modell in Vibration versetzt. Der Nachteil der mechanischen Schwächung kann nun aber viel größer sein als ein kleiner Verlust an Transparenz, der meist nicht zu erkennen ist; denn nach dem oben Gesagten bildet sich in jeder Blase ein neues Schwindungszentrum, welches durch seine inneren Spannungen viel ungünstiger wirkt, als dies durch den Substanzverlust allein der Fall sein würde. Eine Beschreibung der oben erwähnten Apparaturen dürfte weniger zum Thema gehören als die Klarstellung des Arbeitsprinzips.

Jede Porzellanmasse hat im Augenblick des Sinterns, wie schon oben erwähnt, das Bestreben, eine Kugel zu bilden, d. h. ihre Oberfläche auf das kleinstmögliche Maß zu verringern, und es ist ganz gleichgültig, ob es sich hier um die langsame Sinterung beim Brennen, oder um die Kondensierung der feuchten Masse handelt.

Wie diese Neigung beim Aufbauen von Konturen stört, weiß jeder, der entweder seine Krone aus einem mangelhaft kondensierten großen Block herausschnitzte oder seine Rettung in mehrmaligem Brennen suchte. Da vielfach die Spiritusflamme empfohlen wird, deren Gebrauch etwas sehr Bestechendes hat, weil jede Zerstörung der aufgebauten Kontur vermieden wird, untersuchte ich Schliffe von Jacketkronen, die nach diesem Verfahren kondensiert und getrocknet wurden, zum Vergleich mit solchen, bei denen zur Wasserentziehung nur Fließpapier unter Vermeidung jeder Hitzewirkung benutzt worden war. Die beiden Stücke, wie auch alle späteren Proben wurden, um die Unterschiede der einzelnen Methoden nicht zu verwischen, nur je einem Brand ausgesetzt. Im ersteren Fall wurde spielend leicht eine anatomisch einwandfreie Form erzielt, während die zweite Methode dazu nötigte, die gewünschte Form aus einem großen stark kondensierten Block herauszumodellieren.

Das Ergebnis zeigen die Abbildungen 2 und 3. Leider war es unmöglich, den ganzen Schliff der Abbildung 2, welche die über der Flamme kondensierte Krone wiedergibt, im Mikrophotogramm zu erfassen, ohne daß die Deutlichkeit zu wünschen ließ. Rings um den Rand läuft eine Kette größerer Blasen. Zwischen ihnen und der Oberfläche sind fast keine Hohlräume zu sehen, während das Innere des Schliffes etwa dem der Abbildung 3 entspricht, bei welcher der Rand kleinere Blasen in mittlerer Zahl aufweist, die teils mit Schleifstaub angefüllt sind, teils dunkel erscheinen, weil sie infolge ihrer Kleinheit nur einseitig geöffnet sind. In der Struktur der Abbildung 2 fällt eine außerordentliche starke Verdichtung aller Teilchen zum Rand hin auf, während die Mitte unregelmäßig gelagerte Quarzkristalle verschiedenster Größe zeigt.

Dieser Blasenring ist nur so zu erklären, daß die außenliegende Masse, durch die äußere Wärme trotz der dauernden Riffelung zu überstürzter Trockenschwindung gezwungen, jede Plastizität verlor und so den nach außen dringenden Luftmengen den Weg versperrte; so konnten sich unter dieser Schicht durch Zusammenfließen der kleinen und

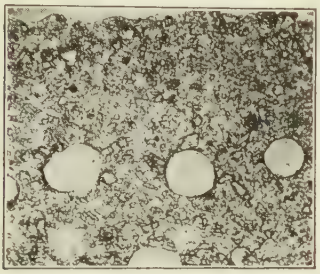


Abb. 2.
JK.; FT.; 24 Std.
LT.; 1½ Std. GB.

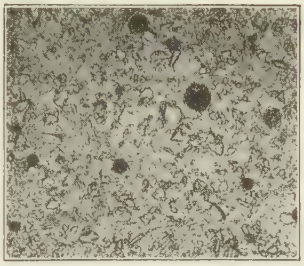


Abb. 3.
JK.; HK.; 24 Std.
LT.; 1½ Std. GB.

kleinsten Blasen Hohlräume bilden, die an kritischen Stellen sicher eine umso größere Gefahr bilden, als man sie am gebrannten Stück nicht wahrnehmen kann; nur die geringere Transparenz mag in solchen Fällen einen Hinweis geben. Die Lagerung der Kristalle ist in der Abbildung 3 regelmäßiger, doch ist hier die Grundmasse sehr unklar.

In einem ideal verlaufenden Kondensierprozeß soll also das Wasser von den sich immer dichter aneinanderlegenden Masseteilchen verdrängt, nie durch Erhitzung ausgetrieben werden, da die Masse im Augenblick der Austrocknung nicht die geringste Plastizität und Fähigkeit zu sintern behält; wenn im Innern noch Wasser enthalten ist, geht die Ausfüllung der durch die Trocknung frei werdenden Hohlräume nur unter Schwierigkeiten vor sich. Weder die mögliche langsame Nachtrocknung noch die Brennschwindung sind imstande, diese Poren zu schließen, die durch die sich in der Hitze ausdehnenden Gase immer größer werden (s. auch Abb. 13) und, wenn es ihnen gelingt, die Oberfläche zu erreichen, unschöne Dellen hinterlassen. Die äußeren Erscheinungs- und Erkennungsmöglichkeiten, die nur für den erfahrenen Keramiker bestehen, sind erwähnt.

Für dieses Problem ist das Rüttelschlagverfahren zunächst gedanklich als einwandfreie Lösung anzusehen; die aufzubauende Kontur, die dem Keramiker vorschwebt, wird auf dem Wege über ein

Wachsmodell in eine Hohlform verwandelt. Die spezifisch schwerere Masse setzt sich unter den vertikalen Rüttelbewegungen nach unten, während das überschüssige Wasser oben abgesaugt wird; die in jeder Masse zunächst vorhandenen Blasen schließen sich leichter zu größeren Lufträumen zusammen, die dann einen größeren Auftrieb zeigen.

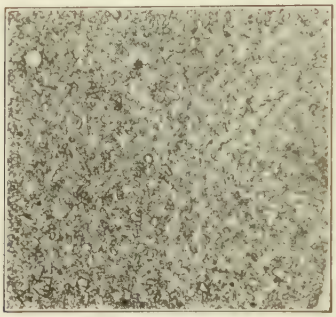


Abb. 4.
JK. 15 Min. RS;
LT.; 2 Std. GB. 40f. 4.

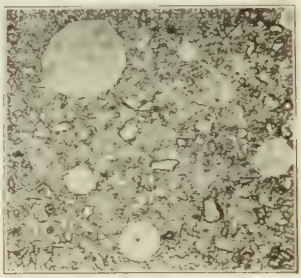


Abb. 5.
JK. RS; JS. 1 Ev;
1 Std. GB; 80f.

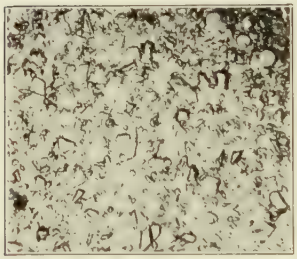


Abb. 6.
JK; RS; JS. 1 Ev.
24 Std.; Lstd. d. GB.

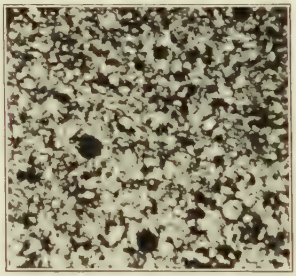


Abb. 7.
JK. HK. + FT; JS. 3 Std.
1 Ev.; 1 Std. GB.

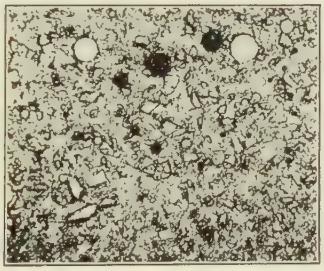
Abbildung 4 zeigt den unteren Teil einer gerüttelten Krone. Keine der darin enthaltenen Blasen überschreitet die Größe von 0,06 mm, welche nur von einer Blase erreicht wird, die nahe dem Übergang zur oberen Schneidekante liegt.

In keinem Fall war auch bei den besten Resultaten der obere Teil der Krone bezw. der Zapfen blasenfrei. Die Lufträume erreichten hier meist eine erhebliche Größe (Abb. 5). In einigen Fällen konnte ich eine

ausgezeichnet klare, fast blasenfreie Grundmasse mit unbestimmt gelagerten Kristallen beobachten (Abb. 6); die Kronen wurden in beiden Fällen künstlich getrocknet.

Das Rüttelschlagverfahren und alle Methoden, die nach ähnlichen Prinzipien arbeiten, haben den großen Vorteil, daß die Resultate durch keine anderen Etappen des Herstellungsganges außer durch einen grob fehlerhaften Brand beeinflußt werden können. Allen Trokkenverfahren haftet darin ein großer Nachteil an, daß sie, wie die Schliffe ergaben, auf eine einwandfreie Kondensierung angewiesen waren.

Abbildung 7 zeigt einen Schliff durch eine Jacketkrone, die in der oben erwähnten Art über einer Flamme kondensiert und sofort anschließend dem Trockenprozeß im Exsiccator unterworfen wurde. Die Krone blieb einen halben Tag im Vakuum. Der Schliff enthält sehr viele kleinste Blasen. Die Lagerung der Quarzkristalle läßt keine besonderen Schlüsse zu.



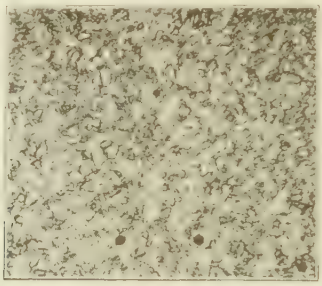
JK.; RS. 10 Min. LT.
Lstd. GB.

Abb. 8.

Die Abbildung 6 zeigt, daß in Verbindung mit einer starken Kondensierung erstklassige Resultate des Trockenverfahrens möglich sind, bei denen die Art des Trockenprozesses nicht nur auf die Trockenschwindung, sondern auch auf die Sinterung im Brand einen Einfluß haben mag. In meinen Schliffuntersuchungen konnte ich jedoch hierfür keinen Beweis finden.

Die Abb. 8 und 9 zeigen Mikrophotogramme von Schliffen, die aus dem oberen (8) und dem unteren (9) Teil einer mit Hilfe des Rüttelschlagverfahrens hergestellten Jacketkrone stammen. Die beiden Schliffe weisen einige Verschiedenheiten auf. Während der untere Teil der Krone fast blasenfrei ist, finden sich oben mittelgroße bis kleinste

Lufträume. Die Quarzkristalle sind im unteren Teil mittelgroß oder klein und ziemlich gleichmäßig gelagert, im oberen Teil grobschollig mit dem Eindruck einer unregelmäßigen Lagerung.



JK. RS. 10 Min.
LT. 24 Std.
1 Std. GB.

Vgr. 9.

Da ich diese Unterschiede in der Verteilung der Kristalle verschiedentlich feststellen mußte, wurden von gebrannten Stäben von 5 cm Länge und 5 mm Durchmesser Schliffe angefertigt, die zur Untersuchung kamen, und über die im weiteren berichtet wird.

Die verschiedenen Materialien sind in der rohen Masse rein mechanisch gemengt. Das spezifische Gewicht des Quarzes beträgt etwa 2,65, das des reinen Kalifeldspates 2,85. Daß Masseteilchen verschiedenen spezifischen Gewichts voneinander zu trennen sind, zeigt die Schlämmanalyse. Wenn auch der Unterschied des spezifischen Gewichts hier sehr klein ist, so möchte ich doch die Möglichkeit nicht ganz von der Hand weisen, daß im Zusammenhang mit der Wanderung der Luftblasen bei lange ausgedehntem Rüttelprozeß eine Verlagerung der Kristalle teilweise so eintreten kann, daß die gröberen Stücke die kleineren überlagern und so im oberen Teil der Eindruck einer unregelmäßigen Lagerung grobscholliger Kristalle, im unteren der einer vollkommen harmonischen Verteilung in der Größe wenig wechselnder Körper entstehen kann. Scheinbar kann dann auch der untere Teil mehr Kristalle enthalten als der obere.

Die Schliffe der Versuchskörper, deren von dem Rüttelschlagverfahren ohne Zuhilfenahme der Vakuumtrocknung etc. eine Reihe unter den verschiedensten Bedingungen hergestellt wurde, ergaben größtenteils eine Bestätigung der an einzelnen Kronen erhobenen Teilbefunde.

Es kam mir vor allem darauf an, den Einfluß verschiedener Wasserentziehungsmethoden, ganz abgesehen von der Hitzeanwendung, auf das Endresultat des Prozesses festzustellen. Die oberflächliche Wasserentziehung wurde dabei teils unter Druck, teils durch Aufstreuen trockener Masse vorgenommen. Alle diese Fälle zeigten im Schliff charakteristische Veränderungen. Ebenso wurde versucht, den Einfluß einer Erhöhung der Zahl der Brände bezw. der Schnelligkeit des Einzelbrandes festzustellen, um die Berechtigung der zu Anfang erhobenen Forderungen nachzuweisen.

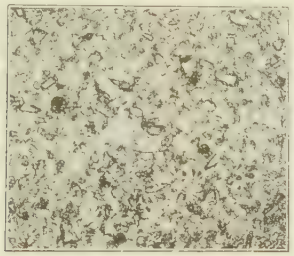


Abb. 10.
VK: RS: LT. 24 Std. oberer in 1½ Std. GB.

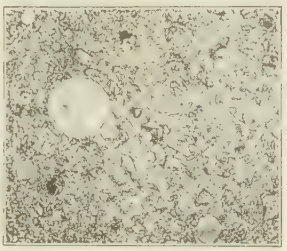


Abb. 11.
VK: RS.

Figur 10 zeigt den unteren Teil eines Versuchskörpers, der nach unter langsamster Feuchtigkeitsentziehung vorgenommenem Rüttelprozeß 24 Stunden in Zimmertemperatur trocknete und dann in 1½ Stunden auf 1380° gebracht wurde. Die Kristalle sind klein, über den ganzen Schliff einige kleinste Blasen verteilt. Fig. 11 gibt einen Schliff desselben Körpers im obersten Teil wieder. In der Kristallgröße ist kein wesentlicher Unterschied. Doch erreichen hier die Lufträume ein Vielfaches der Größe in der vorigen Figur, wo die Blasen wegen ihrer Kleinheit sämtlich nicht eröffnet sind.

Nun zu Figur 12. Hier wurde auf die Oberfläche der zusammensinkenden Masse fortdauernd trockenes Pulver aufgetragen. Die Wirkung zeigt sich darin, daß wohl scheinbar ein Zusammenrücken der kleinsten Lufträume erfolgt ist, daß aber ein Aufwärtswandern der vergrößerten Blasen nicht zustande kam.

Die Wirkung einer noch so geringen Durchsetzung mit kleinen Blasen im Verlauf des Brandes zeigt Figur 13. Der mittlere und obere Teil

dieses Versuchskörpers ist im Schliff mit Lufträumen durchsetzt, die in ihrer Größe denen in Figur 12 entsprechen. Der untere Teil dieses Stabes wurde dann drei Bränden von jedesmal 10 Minuten auf 1380° ausgesetzt und im Dünnschliff untersucht. Die Lufträume sind ohne Ausnahme stark vergrößert, dagegen läßt die Kristallform und Lagerung außer einem teilweisen Verschwinden der scharfen Konturen keine wesentlichen Unterschiede erkennen.

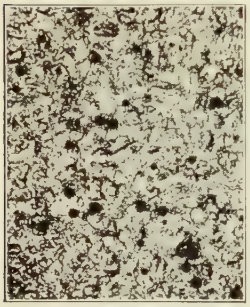


Abb. 12.
VK; RS; Mt;
24 Std. LT.
1½ Std. GB.

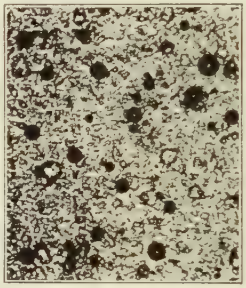


Abb. 13.
VK; RS; Unt. T.
24 Std. LT.
3 mal GB.

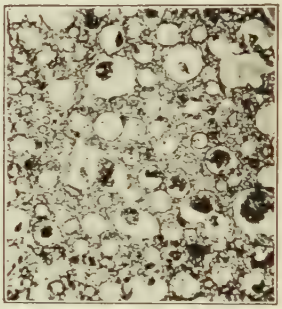


Abb. 14.
SSW / Phantom
überbrannt.

Was überhaupt das Wesen der Folgen des Überbrandes bei unseren zahnärztlichen Porzellanarbeiten ausmacht, das zeigt ein Schliff durch einen SSW-Phantomzahn, der bis auf 1420° erhitzt wurde. Auch in diesem Falle zeigte die Kristallform keinerlei deutlich zu erkennende Veränderung außer einer Wiederholung der oben erwähnten Erscheinung, dagegen beherrscht die Größenzunahme der Einzelblasen, deren der SSW-Phantomzahn verhältnismäßig viele enthält, und durch die die Porzellanmasse förmlich auseinandergerissen und in ein Gitterwerk verwandelt erscheint, das Bild des Schliffes.

Ehe ich die nach kombinierten Methoden hergestellten Präparate behandele, muß ich im Zusammenhang mit diesbezüglichen Versuchen auf das künstliche Trockenverfahren mittels des Jäcksiccators näher eingehen, welches — von Kretz vor etwa 3 Jahren eingeführt — neuerdings in der Literatur verschiedentlich eine freundliche Beurteilung gefunden hat. Es besteht in der Austrocknung der modellierten Krone in dem bekannten Exsiccator, welcher durch eine Wasserstrahlpumpe teilweise evakuiert wird. Kretz erörtert 1927 die Vorteile der

neuen Methode, welche in einer Herabsetzung der Zahl der Brände, Verbesserung der Transparenz, sowie in weitgehender Blasenfreiheit des gebrannten Stückes ihren Ausdruck finden sollen.

In der schon zitierten Abhandlung von Knoche erwähnt dieser das Verfahren im Zusammenhang mit der Rüttelschlagmethode. Knoche kommt auf Grund seiner Überlegungen nicht zu einer Befürwortung der Einschaltung dieser Prozesse in den Arbeitsgang der zahnärztlichen Keramik, weil seiner Ansicht nach der Zeitverlust — er gibt für die Dauer des Trocknens im Jäcksiccator 1 bis $1^1/_2$ Stunde an — sowie die seiner Ansicht nach etwas umständliche Handhabung des Rüttelschlagverfahrens die geringe Verbesserung der Masse nicht lohnen könne.

Wie schon erwähnt, muß man sich diesem Urteil insofern anschließen, als solche Maßnahmen stets besonders komplizierten Stücken vorbehalten bleiben, deren Form eine ungleiche Spannungsverteilung eventuell mit starker äußerer Beanspruchung erwarten läßt. Lewin befürwortet denn auch in seinem Referat sehr stark das künstliche Trockenverfahren und will es sogar bei jeder Porzellanarbeit angewandt wissen. Er bemißt die zum Durchtrocknen nötige Zeit allerdings nur auf 10 bis 15 Minuten.

Kretz hält neuerdings ein Verweilen des Stückes im Jäcksiccator auf mindestens 12 Stunden für empfehlenswert.

Es muß hier noch einmal auf den grundsätzlichen Unterschied hingewiesen werden, der zwischen dem Trockenverfahren und der mechanischen Kondensierung insofern besteht, als ersteres Verfahren nicht selbständig ist, sondern in seinen Resultaten entscheidend beeinflußt wird von anderen im Arbeitsgang der zahnärztlichen Keramik enthaltenen Prozessen, deren Einfluß auf die Struktur, Blasenfreiheit etc. des Stückes nach meinen Resultaten den des Trockenverfahrens weit übertrifft.

Wenn bei dem Rüttelschlagverfahren ein Einfluß auf die Lagerung der kleinsten Teile der Masse rein überlegungsmäßig zu bejahen ist, ehe die Versuche eine Unterlage liefern, so ist dies bei der Vakuumtrocknung nicht ohne weiteres vorauszusetzen.

Nach den Anschauungen von Kretz erfolgt durch die starke Wasserentziehung ein dichteres Aneinanderrücken der einzelnen Teilchen.

Die Volumverminderung, die in jedem Fall mit dem Beginn des Trockenprozesses unmittelbar nach dem Aufbauen beginnt, ist über-

haupt nur so möglich, daß bei der Verdunstung des im äußeren Mantel des Stückes enthaltenen Wassers durch kapillare Kräfte ein Nachsaugen der sich im Inneren befindlichen Feuchtigkeit stattfindet. Auf diese Weise entsteht in der Mitte des Körpers ein Vakuum, welches das Zusammenrücken aller Teilchen wesentlich begünstigt. Pukall stellte auf diesem Gebiet seine Untersuchungen für Industrieporzellane an, welche für uns von umso größerem Interesse sind, als sie sich auch auf Trockenvorgänge im Vakuum beziehen.

Die kapillaren Saugekräfte, welche die Feuchtigkeit aus dem Inneren des Stückes an die Oberfläche ziehen, können durch den äußeren Atmosphärendruck nicht unterdrückt werden. Demnach findet die Spannung innerhalb des Stückes erst dann ihr Ende, wenn nach Verdunstung allen Wassers bis auf etwa 10%, die erst beim Erhitzen verschwinden, die äußere Luft in das Innere des Stückes einzudringen vermag. Pukall kommt zu dem Ergebnis, daß die Trockenvorgänge im Vakuum auf die Struktur und Blasenfreiheit des gebrannten Stükkes kaum von Einfluß sind. Vielmehr schreibt er dem atmosphärischen Druck eine günstige Wirkung auf die Verdichtung der Masse zu: denn im Vakuum erfährt die Verdunstung des Wassers teils infolge des fehlenden Gegendruckes, teils durch die Einwirkung des Chlorkalziums eine außerordentliche Beschleunigung. Mangels eines Unterdruckes im Inneren des Stückes fällt gleichzeitig ein wesentlicher Faktor zur Verdichtung der einzelnen Teilchen während des Trockenvorganges fort. Dieses ist aber ebenso wie das Tempo der Verdunstung genau das Gegenteil von den Prinzipien, denen zufolge in Porzellanfabriken, auf die sich Kretz in seiner ersten Veröffentlichung bezieht, alles getan wird, um den Trockenvorgang so langsam und so gleichmäßig wie möglich ablaufen zu lassen. Wie schon betont, ist die Fähigkeit einzelner Teilchen, näher aneinanderzurücken oder überhaupt ihre Lage zueinander zu ändern, stets an einen gewissen Wassergehalt gebunden. So ist es fraglich, ob überhaupt die Vakuumtrocknung einen verdichtenden Einfluß auf die Masse ausüben mag.

Aus dieser Überlegung heraus wurde jeweils das zu trocknende Stück sofort nach dem Modellieren bezw. Kondensieren in den Exsiccator gebracht und die Evakuierung in langsamen Abständen vorgenommen.

Das von Kretz verlangte 12stündige Verweilen des Massekörpers im Exsiccator unter mehrmaligem Evakuieren wurde in verschiedenen Fällen durchgeführt, obwohl ich nicht annehmen konnte, daß

nach Verdunsten des Wassers auch das vollkommenste Vakuum noch irgend welche Wirkung auf die Struktur der Masse haben sollte.

Schliffe, die unter ungünstigen Bedingungen kondensiert waren, zeigten sich auch nach bis zu dreitägiger Trocknung der Stücke von Blasen durchsetzt; bei entsprechender Kondensierung (Abb. 6) war auch bei einer Evakuierungszeit von 5 Stunden die Blasenfreiheit des Stückes befriedigend.

Um auch den Grad der Dichte festzustellen, der bei dem gewöhnlichen Trockenvorgange an der Luft bei mittlerer Temperatur erreichbar ist, wurden tropfenförmige Versuchskörper, frei auf Platinfolie aufgetragen, einmal ohne jede Kondensierung nach 3 Stunden Trokkenzeit, dann nach energischer Kondensierung mit dem Riffelinstrument in $1^1/_2$ Stunden auf Glanz gebrannt. Die Ergebnisse der Schliffe zeigen Fig. 15 und 16. Die Mikrophotogramme geben die Mitte der Schliffe wieder. Das Bild ist typisch: unter dem Einfluß der Kondensierung in der Mitte des Stückes nur einige winzigste Blasen. Bei der nicht kondensierten Schliffprobe zeigt zwar die Mitte eine mittlere Zahl nicht übermäßig großer Lufträume, aber in den Randpartien erreichte die Blasenfreiheit z. T. einen Grad, der den besten Resultaten meiner sämtlichen Schliffproben gleichkam, was gerade bei der Oberfläche des kondensierten Stückes nicht der Fall war. Was die Transparenz und Glätte der Oberfläche anbetraf, so war hier das nichtkondensierte Stück dem kondensierten zweifellos überlegen, bei welchem übrigens die Feuchtigkeitsentziehung mit Fließpapier vorgenommen war.

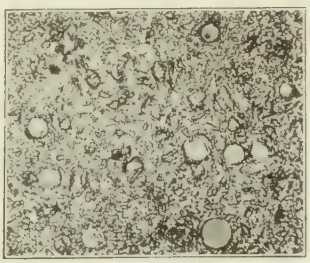


Abb. 15.
VK; ohne Kond.
auf PT-folie; 1 GB.

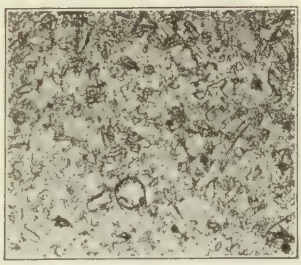


Abb. 16.
VK; HK
auf Pt-folie 1 GB.
beide LT.

Ich habe bei diesem und vielen anderen Stücken den Eindruck gewonnen, daß bei dem Betupfen mit Fließpapier etc. jeder Druck zu

vermeiden ist. Jede, auch die geringste Formänderung läßt Luft zwischen die Masseteilchen eindringen, der beim weiteren Sintern das Entweichen oft unmöglich gemacht wird, was natürlich die Blasenbildung stark begünstigt. Hiernach sollte das so beliebte Modellieren der halbfeuchten Krone mit der Fingerbeere nur mit äußerster Vorsicht erfolgen.

Das Ergebnis dieser Probe behält auch dann sein Interesse, wenn man bedenkt, daß der zahnärztliche Keramiker es nie mit Körpern zu tun hat, die, abgesehen von ihrer Kleinheit, nur in einer Fläche an bestimmte Masse gebunden sind, in allen anderen Dimensionen dagegen frei den Gesetzen der Schwindung folgen können.

Von den Präparaten, die allein zur Festlegung der Resultate des Trockenverfahrens unter dem Einfluß verschiedener Kondensiermethoden hergestellt wurden, bringen Fig. 17 bis 19 zunächst Übersichtsbilder. Die Kondensierung erfolgte mit dem Riffelinstrument, sogleich

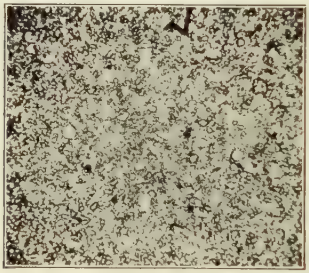


Abb. 17.
JK; HK + FT; JS.
1 schn. Ev.; 1 GB.

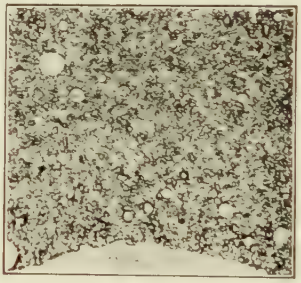


Abb. 18.
JK; HK + FT; JS 3 Std.
1 schn. Ev; 1 GB.

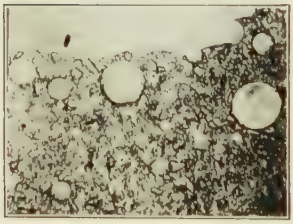


Abb. 19.
JK; HK + FT; JS 3 Std.
1 schn. Ev. 1 GB.

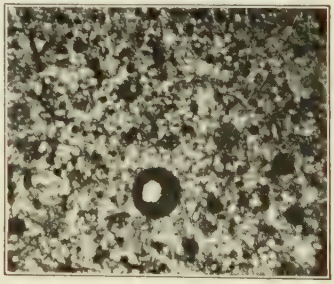


Abb. 20.
JK; HK + FT; JS 1 Ev.
1 GB.

danach das Einsetzen in das Glasgefäß. Die Lagerung der Kristalle ist recht regelmäßig; Blasen finden sich nicht in größerer Menge, doch war auffallend, daß sich in der Nähe des oberen Folienrandes unverhältnismäßig viel Lufträume vorfanden, von denen das Mikrophotogramm nur einen schlechten Eindruck geben kann. Eine Aufnahme der Randpartie ergab außer einem fast vollständigen Fehlen der kleinsten Blasen und einem Auftreten dichtgedrängter grobscholliger Kristalle auch bei stärkerer Vergrößerung nichts besonderes.

Fig. 20 zeigt ebenfalls einen Schliff durch eine mit dem Riffelinstrument unter gleichzeitiger Trocknung über der Flamme kondensierte Jacketkrone, wo das Bild der Durchsetzung mit Blasen wechselnder Größe, wie es auch die Fig. 7 zeigt, sich wiederholt. In den Randpartien dieser Krone war die Blasenbildung geringer. Ein ähnliches Bild zeigt die Fig. 21 bei etwas schwächererVergrößerung, die einen Schliff durch den oberen Teil eines Versuchskörpers wiedergibt, bei dem die Brenntemperatur von 1380° in 15 Minuten erreicht und dabei das Rüttelschlagverfahren unter Bedingungen durchgeführt war, die, wie die oben erwähnten Resultate beweisen, das Ergebnis des Brandes sehr ungünstig beeinflussen. Die Entziehung der Feuchtigkeit erfolgte durch Aufpressen trockenen Massepulvers. Abb. 22 gibt einen Schliff durch einen Versuchskörper wieder, bei dem die Kondensierung ebenfalls unter Aufstreuen trockener Masse durchgeführt wurde. Dieser Versuchskörper wurde 3 mal 24 Std. unter dreimaligem Evakuieren im Exsiccator belassen und nach diesem Trockenprozeß in zwei Teile gebrochen. Der eine Teil wurde in $1^1/_2$ Std. auf Glanz gebrannt, der andere hier wiedergegebene durch Einbringen in den heißen Ofen bereits in 15 Min. auf 1380° gebracht. Ein Unterschied zwischen den Schliffen war nicht zu erkennen. Gegenüber der Fig. 21 zeigte das Stück bei gleich raschem Brand einen geringeren Gehalt an Gaseinschlüssen, was in diesem Fall dem Einfluß der künstlichen Trocknung zuzuschreiben ist. Diese Resultate sind ungünstiger als die an Einzelkronen erzielten, namentlich was das Rüttelschlagverfahren betrifft, (Abb. 4, 6, 9). Es ergibt sich, daß die Dicke des Stückes, d. h. der Weg, den die Gasblase bis zu ihrem Freiwerden zurückzulegen hat, eine große Rolle spielt. Wenn sich auch das Rüttelschlagverfahren als zuverlässiger erwies, so kann doch als eine eigene Wirkung des Trockenverfahrens festgestellt werden, daß eine ganz erhebliche Beschleunigung besonders des ersten Brandes vertragen wird, ohne daß das Resultat ungünstig beeinflußt wird; eine einwandfreie Kondensierung ist in jedem Fall Voraussetzung.

Zum Abschluß dieser Untersuchungen versuchte ich unter Anwendung stärkerer Vergrößerungen, z. T. unter polarisiertem Licht Aufschlüsse über den Grad der Quarzlösung zu erhalten, welche in manchen Fällen infolge der Änderung des optischen Verhaltens der teilweise gelösten Kristalle sicher einen Einfluß hat.

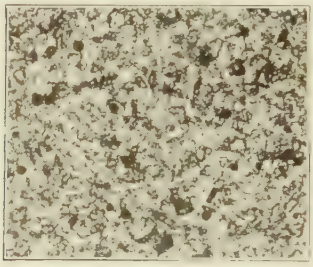


Abb. 21.
VK; RS + JS; i.
2 mal 24 Std. 3 Ev.
Mt; GB. i. 15 Min.

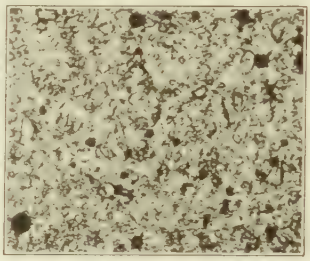


Abb. 22.
VK; RS + JS; i.
24 Std. 1 Ev.; Mt;
GB. i. 15 Min.

Die Figur 23 entstammt demselben Schliff wie die Fig. 5, die Abbildung 24 demselben wie die Fig. 9. Bei vollkommen verschiedener Form zeigen beide Kristalle einen hellen Randhof, der bei Fig. 24 zum Teil unterbrochen erscheint; dieser Kristall erwies sich zur Wiedergabe im gewöhnlichen Licht leider als ungeeignet. Ob der dunkle Einbruch auf beginnende Lösungsvorgänge oder Überlagerung durch andere Partikel zurückzuführen ist, welches überhaupt die engere Bedeutung dieser Kristallformen ist, denen in industriellen Hartporzellanen längst Beachtung geschenkt wird, übersteigt angesichts der dazu nötigen Untersuchungen den Rahmen dieser Arbeit.

Zu Beginn dieser Arbeit erwähnte ich, daß für die Verarbeitung mittels des Rüttelschlagverfahrens nur nicht plastische Massen in Frage kommen, welche die Fähigkeit des freien Sinterns in ausreichendem Maß besitzen. Bei diesen Massen bewirkt die verhältnismäßig grobe Mahlung, verbunden mit organischen Zusätzen, dazu die primitive Art der Kondensierung, einen außerordentlichen Blasenreichtum. Die Tatsache, daß diese Blasen nicht nur die Transparenz verschlechtern, sondern durch ihre Lokalisation an der Grenze von Facette und Blockmasse die mechanische Zuverlässigkeit einer solchen Arbeit stark in Frage stellen, veranlaßte mich zu Versuchen, bei denen diese Masse dem künstlichen Trockenprozeß nach K r e t z unterworfen wurde. Die

Resultate waren sehr befriedigend, sodaß ich nun noch einmal unter besonderen technischen Variationen das Rüttelschlagverfahren zur Anwendung brachte. Die Masse wurde hierbei in der üblichen Weise eingebettet, mit Zinnfolie gegen die Einbettung isoliert, um zu schnelles Austrocknen zu verhindern und mit einer elastischen Zwischenlage (Gummi, Watte) ein gewisser Überschuß weggepreßt, was jedoch immer erst nach einiger Zeit gelang.

Die Resultate im Gegensatz zu einem freigebrannten Stück (Fig. 25, 26) zeigen die Abbildungen 27—30, wobei eigenartiger Weise auch hier das mit dem Jäcksiccator behandelte Stück das Auftreten kleinerer Blasen neben einem Hervortreten der glasartigen Grund-

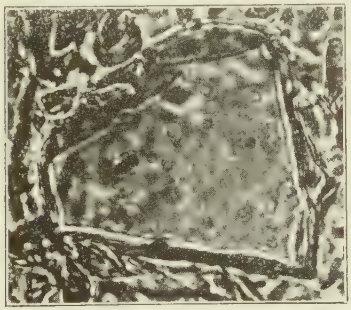


Abb. 23.
JK; RS; JS; 1 Ev; 1 Std.
GB. ca. 800° f.

Abb. 24.
JK; RS; 10 Min.
LT 24 Std.
1 Std. GB.

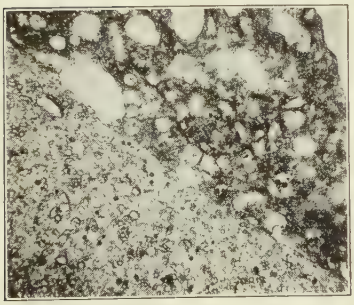


Abb. 25.
Gutowski-Grundmasse + Fac.
freigebrannt — 1 Std.

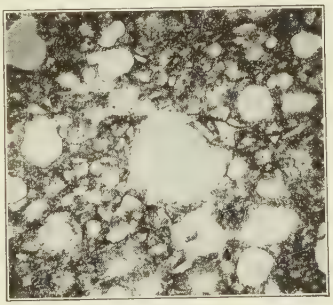


Abb. 26.
wie Abb. 25.

substanz zeigt, während das gerüttelte Stück noch mehr als das nach dem kombinierten Verfahren behandelte durch scharfes Hervortreten einzelner Kristalle charakterisiert ist.

Diese Proben übertrafen also nicht nur den gewöhnlichen Freibrand, sondern sogar Originalproben, die in Schwäbisch-Gmünd hergestellt waren und wiesen auch im äußeren Aussehen eine weit gleichmäßigere Oberfläche auf. Sie beweisen also die Anwendbarkeit des künstlichen Trockenverfahrens und der Rüttelschlagmethode auch auf plastische Massen, die vielleicht insofern ein besonders dankbares Anwendungsgebiet darstellen würden, als bei einer stark erhöhten Neigung zur Blasenbildung beim Herstellen größerer Blocks ohne Platinbasis ge-

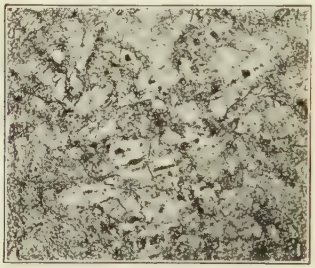


Abb. 27.
Gutowski-Grundmasse
Einbettung-Folie
JS; 2 mal 24 Std., 3 mal Ev.
1 Std. 1150°.

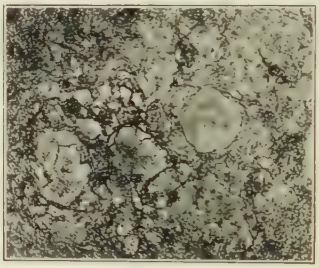


Abb. 28.
Gutowski-Grundmasse
Originalprobe.

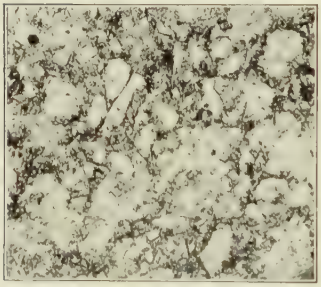


Abb. 29.
Gutowski-Grundmasse
RS, 1/4 Std. u. Druck
GB / wie oben.

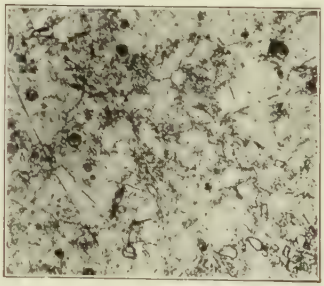


Abb. 30.
Gutowski-Grundmasse
JS / 2 Std. 1 Ev.
GB / wie oben.

rade von diesen Massen ein spannungsloses Brenngut von gleichmäßiger Struktur und zuverlässigen mechanischen Eigenschaften verlangt werden muß.

Eldentog-Preßporzellan.

Unter dem Gesichtspunkt der Erweiterung der Indikation darf hier ein Verfahren nicht unerwähnt bleiben, welches das Porzellan in einer Form in die Praxis einführt, welche zwar nicht alle Vorteile der gebrannten Porzellanfüllung in sich vereinigt, dafür aber bei weiterer Ausarbeitung die Möglichkeit einer viel weiteren Verbreitung in sich birgt, als dies bei der gebrannten Porzellanfüllung bezw. dem gebrannten Porzellanersatz der Fall ist, zu dessen Verarbeitung in jedem Fall ein Maximum an Sorgfalt und Überlegung erforderlich ist, soll er seinen Zweck erfüllen.

Über das Gußporzellan, heute schon besser Preßporzellan genannt, seine Indikation, Verarbeitung, Fehlerquellen etc. ist in den Jahren 1927—1930 eine umfangreiche Literatur entstanden. Es handelte sich in den meisten Fällen um Beiträge über die Verwendungsmöglichkeiten des neuen Füllmaterials in der täglichen Praxis.

Feiler, Münch, Russo, Scheer, Brill, Neubaur, Metzger, Bieroth, Steinhausen u. a., in neuerer Zeit Wenzel haben ihre Resultate bei Verwendung des Eldentog mitgeteilt. Diese Arbeiten verteilen sich allerdings auf das Eldentog in seiner früheren Form und auf das Neoeldentog, ebenso zum Teil noch auf frühere Methoden des Gießens bezw. Pressens oder Saugens (Brill).

Für die Verarbeitung des Neoeldentog im Laboratorium ergeben diese Arbeiten im Zusammenhang mit den Vorschriften der Firma dennoch mit hinreichender Klarheit folgendes Bild, wobei auf die Wiedergabe heute nicht mehr interessierender Einzelheiten verzichtet wird.

1. Einbettung: Neubaur hält eine spezielle Einbettungsmasse für unnötig, da sich die damit eingebetteten Stücke in keiner Weise von den unter Verwendung anderer Massen hergestellten unterscheiden, was von Wenzel bestätigt wird, der in der heute hergestellten hochfeuerfesten Masse keine wesentliche Verbesserung sieht. Als Trockenzeit schreibt die Firma für die heutige Masse 6—7 Stunden vor. In einigen Beiträgen findet sich dazu die Angabe, daß mit einer Trockenzeit von $^1/_2$ bis 1 Stunde und langsamem Vorwärmen analog dem Goldguß gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

2. Vorwärmen: Fast alle früheren Autoren verlangen Erhit-

zen der Muffel bis auf Rotglut. Dies entspricht nicht ganz den heutigen Vorschriften, die nur beim Guß von Jacketkronen eine etwas höhere Erhitzung vorschreiben. Russo erhitzte die Muffel im elektrischen Ofen, um eine vollkommen gleichmäßige Durchwärmung zu erzielen.

3. Guß: Auch hier übergehe ich alle Beiträge, die sich auf frühere Formen des Verfahrens beziehen. Neubaur verlangt den Guß in dem Augenblick, wo die Muffel helle Rotglut zeigt, warnt jedoch vor zu langem Erhitzen wegen der Gefahr der Blasenbildung, ebenso Wenzel, der der Menge des verwandten Gußmaterials fast ebenso große Bedeutung beimißt wie der Einhaltung eines Optimums zwischen der Temperatur der Gußmasse und der der Preßform. Russo begründet seine Warnung vor zu langem Erhitzen mit der Tatsache, daß bei dem Preßporzellan der Erweichungspunkt und der Temperaturgrad, an dem Blasenbildung erfolgt, dicht zusammenliegen. Die Firma schreibt heute eine Minute als maximale Erhitzungsdauer bis zur Preßfähigkeit der Masse vor. Der Druck beim Gießen wird seltsamerweise auch in den neueren Beiträgen wenig beachtet. Münch warnt dringend vor zu starker Kraftanwendung wegen der drohenden Verbindung der Einbettmasse mit dem Porzellan. Der Schmelzpunkt wird bei Neoeldentog wechselnd mit 950° Cels. bis über 1100° Cels. angegeben, liegt jedenfalls ziemlich dicht an der mit der Lötpistole zu erreichenden Höchsttemperatur.

4. Abkühlen: Für das Abkühlen schreibt die Firma eine Zeit von 3 Stunden vor, die durchweg nicht angegriffen wird. Wenzel berichtet über nicht ungünstige Erfahrungen bei einem Ausbetten des Gußstückes nach einer halben Stunde Kühlzeit.

Über Eigenschaften, die mit der Struktur der Masse zusammenhängen, äußert sich einmal Neubaur ungünstig. Er beobachtete eine dunkle, oberflächliche Verfärbung, die er dem Eindringen des Speichels in feinste Risse des Porzellans zuschreibt. Es handelt sich dabei aber scheinbar um ältere Anwendungsarten des Eldentog. Feiler lobt den Randschluß, stellt ihn über den mancher Porzellaneinlagen. Er warnt noch vor der Verwendung zu Jacketkronen wegen der nicht erwiesenen mechanischen Zuverlässigkeit. Metzger zieht die Grenze der Indikation weiter. Wenzel beobachtete keinen wesentlichen Größenunterschied zwischen Füllung und Kavität durch eventuell erfolgende Kontraktion, doch beobachtete er häufig Porenbildung am Gußkanal, für die er keine Erklärung findet. Die Säurefestigkeit wurde von verschiedenen Seiten durch Behandeln mit konzentrierten Mineralsäuren bewiesen (Metzger, Feiler).

Über die Zusammensetzung des Materials, die im Hinblick auf seine Behandlung sicher von Interesse ist, finden sich die verschiedensten Angaben. Nach Brill (Neubaur) handelt es sich um stark borsäurehaltiges Glas. Neubaur hält es für eine Frittenmasse mit starkem Flußmittelzusatz, erwähnt in einer späteren Veröffentlichung einen Kaolinzusatz. Metzger, der es ganz allgemein als Aluminiumsilikat bezeichnet, bringt eine Analyse nach Greth:

14,4 Soda
3,8 Kalisalpeter
2,0 Marmor
24,4 Zettl. Kaolin
15,5 krist. Sand (Quarz)
34,5 Borsäure
4,2 Zinnoxyd
1,2 Knochenasche.

Feiler beschreibt das Auftreten von Kristallnadeln in der Masse. Er benutzt zur Untersuchung z. T. Dünnschliffe. Über die mechanischen Eigenschaften liegen keine unbedingt zuverlässigen Messungen vor. Metzger prüfte das mit dem früheren Instrumentarium hergestellte Preßporzellan. Feiler verglich Eldentog mit den verschiedensten anderen Füllmaterialien. Die Firma gibt in Druckschriften einen Wert an, der etwa 80% über dem des Silikazahnes liegt.

Über den Wert solcher nach einer willkürlichen Methode vorgenommenen Messungen habe ich mich oben bereits geäußert. Was das Füllungsporzellan betrifft, spielen sie eigentlich in Anbetracht der auf die durch Erfahrung festgelegte Beanspruchungsmöglichkeit ausgearbeiteten Präparationstechnik heute keine wesentliche Rolle.

Bei meinen Gußversuchen wurden die geltenden Vorschriften der Firma auf das Genaueste eingehalten, soweit nicht die Wirkung irgend eines typischen Fehlers in der Verarbeitung geklärt werden sollte.

Hinsichtlich des äußeren Verhaltens dieses Materials bei der Verarbeitung entsprechen meine Erfahrungen, wie zu erwarten war, im wesentlichen denen früherer Autoren.

Eine Reihe von Besonderheiten, die ich nirgends erwähnt fand, sollen jedoch schon hier angegeben werden, da sie für die Beurteilung der einzelnen Schliffe von Bedeutung sind. Ich folge hierbei der Einteilung, die ich zur Zusammenfassung der Literaturergebnisse benutzt habe.

1. Einbettung: Bei Versuchen mit gewöhnlicher Goldgußein-

bettmasse habe ich gegenüber den unter Verwendung der Spezialmasse gegossenen Stücken keine Veränderung im äußeren Bild feststellen können. Voraussetzung war, daß die Einbettungsmasse — und das gilt sowohl für die gewöhnliche als für die Spezialmasse — auf das sorgfältigste ohne Klumpen- und Blasenbildung angerührt war und im Augenblick des Einbettens eine solche Konsistenz zeigte, daß ein Fließen eben noch möglich war. Die Anrührzeit soll keinesfalls weniger als eine Minute betragen.

2. Vorwärmen: Bei der richtig angerührten und gehärteten Spezialmasse kann das Vorwärmen noch rascher vorgenommen werden als bei gewöhnlichen Einbettmassen. Die nach einer halben Stunde Vorwärmzeit gegossenen Stücke wiesen keine besonderen, mit bloßem Auge von außen zu erkennenden Fehler gegenüber den nach Firmenvorschrift gegossenen Füllungen etc. auf.

Guß: Die meisten Fehlerquellen liegen nach dem Ergebnis der verschiedensten Versuche allein in der Technik des Preßvorganges und zwar fast noch mehr in der Stärke des Preßdruckes als in der Einhaltung der richtigen Temperatur des Gußgutes, die am Ende der Vorwärmzeit erreicht sein muß, was die Muffel betrifft, denn durch die äußere Erhitzung mit der Pistole kann der Wandung des Formnegatives, falls nicht längere Zeit erhitzt wird, durch die stark isolierenden Gipswände nicht so viel Hitze zugeführt werden, daß sich eine zu geringe Vorwärmung dadurch ausgleichen ließe. Die Tatsache, daß bei so wenigen Güssen ein wirklich vollkommenes Resultat erzielt wird, liegt z. T. nur daran, daß bei den heute gebrauchten Vorwärmeapparaten, wie sie beim Goldguß üblich sind, es unmöglich ist, den Guß bei einer jeweils gleichen Temperatur vornehmen zu können. Die Erzielung eines absolut glatten Gusses von ungestörter Struktur hängt aber zum großen Teil davon ab, daß es gelingt, im Augenblick des Gusses sich in dem sehr kleinen Temperaturintervall zu befinden, welches zwischen der vollkommenen Erweichung und dem Stadium der Blasenbildung liegt. Die Verwendung des elektrischen Ofens (Russo) kommt diesem Ziel schon näher, würde aber durch die Verteuerung der Verbreitung des Gußporzellans sehr hinderlich sein.

Ebenso liegt es mit der Stärke des Preßdruckes. Außer bei Güssen in die nicht glühende Muffel hatte jeder Guß unter größerer Kraftanwendung mit Sicherheit eine rauhe und körnige Oberfläche des Stükkes zur Folge d. h. die Verbindung des Porzellans mit der umgebenden Einbettmasse; diese Rauhigkeiten traten naturgemäß umso früher

auf, je höher die Temperatur im Augenblick des Gusses war, während niedere Temperaturen sehr leicht ein Nichtausfließen der feinen Ränder zur Folge hatten.

Das Verhalten der verschiedenen Farben bei Erhitzung liefert, was ihre wahrscheinliche Zusammensetzung betrifft, interessante Fingerzeige. Es sind nämlich die helleren Farben, vor allem die hellsten blauen und grauen Töne gegen plötzliche Erhitzung viel empfindlicher als die dunklen Farben; von diesen wiederum am widerstandsfähigsten sind diejenigen, an denen in der glasigen Gußmasse mit bloßem Auge feinstkörnige Einlagerungen zu erkennen sind.

Nun ist aber eine geringe Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel ein Charakteristikum aller Glasmassen, während die besten Porzellanmassen bis zu 300° Temperaturdifferenz aushalten. Diese thermische Widerstandsfähigkeit wird nun durch den Kaolin bezw. Tonsubstanzprozentsatz gesteuert und wir können aus solchen Tatsachen ganz zwanglos schließen, daß die helleren Farben des Eldentog sich in ihrer Zusammensetzung mehr dem Glase, die dunklen mehr dem echten Porzellan nähern.

Bei meinen Güssen mußte ich die Beobachtung machen, daß die helleren Farben leichter zu pressen waren und dennoch eine verhältnismäßig geringe Neigung zeigten, mit der Einbettmasse eine Verbindung einzugehen. An Hand von Mikrophotogrammen werde ich auf diese für die Ausgestaltung des Füllmaterials und seiner Verarbeitung wichtigen Tatsachen näher zu sprechen kommen.

4. Abkühlung: Die Firma schreibt eine Kühlzeit von 1—2 Stunden vor. Bei Versuchen habe ich in einigen Fällen 10 Minuten nach dem Pressen — die Muffel wurde an das offene Fenster gestellt — das Gußstück ausgebettet. Ein Springen des Stückes trat in keinem Fall ein, wenn das Ausbetten vollkommen trocken vorgenommen wurde und Anfeuchten erst nach dem nun sehr schnell erfolgenden Abkühlen erfolgte. Schliffe dieser Gußstücke untersuchte ich nicht, weil das Abkühlen von Porzellanstücken- obschon in diesem Fall kein Sprung eintrat, stets umso sorgfältiger vorgenommen werden sollte je dicker der Gegenstand ist, was in den meisten Fällen bei Eldentogfüllungen in gewissem Maße zutrifft, und die Zeit zu einem gleichmäßigen Abkühlen wohl immer zur Verfügung stehen wird.

Die zu den Versuchen und Schliffen dienenden Inlays wurden, um eine genaue Kontrolle des Randschlusses zu ermöglichen, an einem Messingmodell modelliert, in welchem eine approximale und eine Sattelkavität ausgespart war (Fig. 31).

Abbildung 32 zeigt einen Schliff aus einer unverarbeiteten Gußperle der Farbe 20 bei etwa 60facher Vergrößerung.

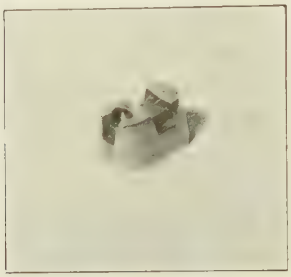


Abb. 31.
Messingmodell.

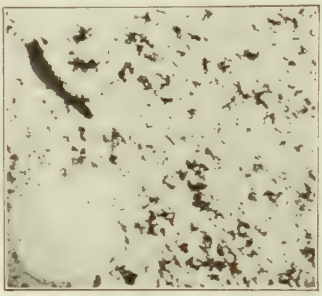


Abb. 32.
Neo-Eldentog
Gußperle, 20.
60f.

In einer vollkommen strukturlosen, klar durchsichtigen Grundmasse sind unregelmäßig gelagerte, dunkle, körnig oder ganz amorph erscheinende Massen eingelagert, die stellenweise zu größeren Klumpen vereinigt sind. Die Ränder eines größeren Luftraumes sind glatt und zeigen keine besonderen Merkmale. Wie schon Feiler angibt, finden wir auch hier an einzelnen Stellen des Schliffes feinste Nadeln in der Grundmasse verstreut. Zum Vergleich wurde in der Fig. 33 ein Schliff durch eine Gußperle der Farbe 19 des älteren Präparates zur Darstellung gebracht. Die Lagerung der Einschlüsse ist dichter, die Körnelung feiner, Nadeln sind in diesem Schliff nicht zu sehen. Unterschiede

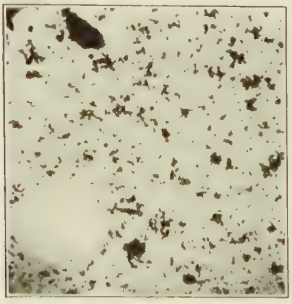


Abb. 33.
Alt-Eldentog
Perle, 19.

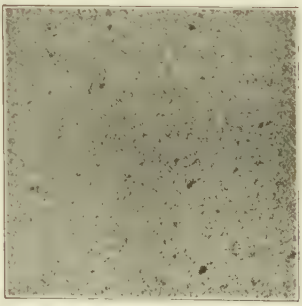


Abb. 34.
Neo-Eldentog
Perle, weiße F.

zwischen den beiden Massen sind also auf diesem Wege nicht festzustellen; denn die hier erkennbaren finden sich genau so zwischen einzelnen Farben des Neoeldentog (Abb. 32, 34).
Die sichtbaren Einlagerungen erweisen sich bei der Untersuchung in polarisiertem Licht als optisch schwach aktiv. Sie enthalten kristalline kleinste Einschlüsse mit deutlich vorhandener Auslöschungsrichtung, was bei der Substanz der Einschlüsse nicht der Fall ist. Die in den Perlen vorhandenen Blasen erreichen eine Größe von maximal etwa 0.5 mm.

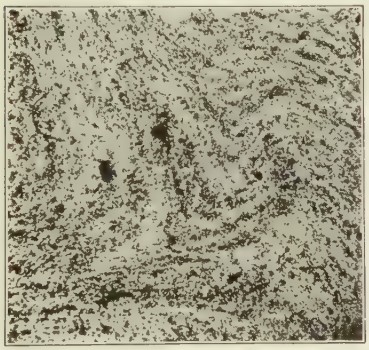


Abb. 35.
Neo-Eldentog
Inlay ca. 45f.

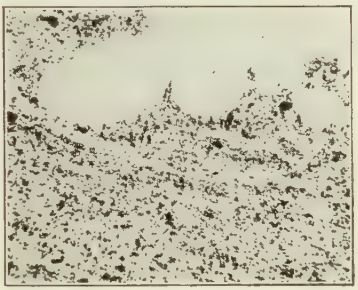


Abb. 36.
Neo-Eldentog
Inlay ca. 40f.

Figur 35 stellt einen Schliff durch ein Sattelinlay eines dunklen graugelben Farbtones dar. Die Struktur der Einschlüsse ist nun vollkommen verändert. Die vorher regellos durcheinander liegenden Massen haben sich zu deutlich erkennbaren Linien und Figuren geordnet, und diese Linien geben Druckwirkung und Fließrichtung in der weichplastischen, glühenden Masse auf das klarste wieder. Der Guß erfolgte in diesem Fall in die nur schwach glühende Muffel, und es scheint, daß die zuerst auf die Grundfläche des Formnegativs gepreßte Masse aus irgend einem Grund, vielleicht geringes Abkühlen, die Fähigkeit, glatt weiterzufließen, verlor und nun als Widerlager die Wirbelbildung in der nachgepreßten Masse verursachte, die nach oben abbog und dann erst in den Ausläufer der Form eindrang. Die zuunterst liegenden Massen zeigen in Gestalt einer Linie von Einschlüssen eine Abgrenzung von der nachgepreßten Masse, die noch während der Pressung erstarrte und so die Drucklinien besonders deutlich ausgeprägt zeigte. Der Guß ist nicht ganz ausgeflossen.

Die Vermutung erschien nicht ganz ungerechtfertigt, daß eine solche Struktur des Gußkörpers auf unregelmäßig verteilte Spannungen schließen lassen muß, die eine erhöhte Bruchbereitschaft zur Folge haben würden. Das Verhalten verschiedener Inlays bei der Bearbeitung, die Bruchrichtung der Stücke, das Verhalten bei thermischer Beanspruchung, welches das oben für unverarbeitete Perlen genannte Ergebnis bestätigte, ergaben jedoch für diese Annahme keine beweisenden Beobachtungen.

Figur 36 gibt eine auch bei Goldgüssen sehr häufige Erscheinung wieder, welche die oben angeführte Erfahrung von Wenzel für diesen Fall bestätigt. Der Guß erfolgte in die hellrot glühende Muffel. Die in dem Schliff — es handelt sich um eine 40fache Vergrößerung — sichtbaren Blasen liegen unmittelbar neben der Einmündungsstelle des Gußzapfens. Für ihre Herkunft gibt es drei Möglichkeiten.

1. Kann es sich um eine Blase handeln, die bereits in der unverarbeiteten Perle eingeschlossen war und durch den raschen Preßvorgang bei der Unmöglichkeit, sich aus der zähen Masse frei zu machen, mitgerissen wurde.

2. Kann die Blase an der Stelle, wo sie im Schliff erscheint, erst durch irgendwelche Prozesse gebildet sein. Das kommt für Hohlräume in Frage, welche an der Berührungsfläche des Porzellans mit der Einbettmasse liegen.

3. Kann bei dem Zusammensinken und Ineinanderverfließen der einzelnen Perlen Luft eingeschlossen werden, die ebenfalls bei dem Preßvorgang mitgerissen wird, da das Porzellan fest am Gußteller haftet. Hier ermöglicht das polarisierte Licht eine Unterscheidung; denn an jeder Stelle, wo eine Verbindung zwischen Porzellan und Einbettmasse zustandegekommen ist, sehen wir eine Ansammlung größerer Kristalle, und wenn der Hohlraum auf die zweite Art zustande kam, dann setzt sich dieser deutlich sichtbare Überzug auf die Innenfläche der Blase fort.

Ein weiteres Zeichen dafür, daß manche dieser Lunker im Augenblick des Pressens unter sehr hoher Muffeltemperatur entstehen, ist die Tatsache, daß manchmal die Drucklinien wie von der sich vergrößernden Blase zur Seite geschoben erscheinen. In der Abbildung ist dies, obwohl die Drucklinien nicht ausgesprochen sind, am oberen Rand deutlich zu sehen.

Figur 37 zeigt einen Schliff aus der Krümmungsstelle eines nach der Firmenvorschrift gegossenen Inlays. Die Flußlinien sind auch hier vor-

handen und verlaufen vollkommen regelmäßig. Außer einer Blase im Gußzapfen — im Photogramm nicht enthalten — ist das Inlay lunkerfrei. Links unten zeigt sich bei a eine kleine Schliere, die von einer schon in der Perle vorhanden gewesenen Blase herrührt. Die sichtbare Oberfläche des Stückes ist verhältnismäßig glatt. Es handelt sich um einen mittleren Gelbton. Nadeln sind nur vereinzelt zu sehen.

a

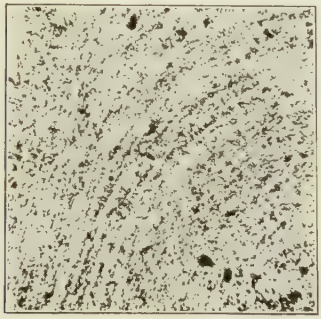


Abb. 37.
Neo-Eldentog
helle Farbe
dkl. Rotglt.

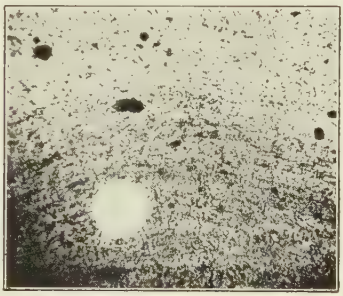


Abb. 38.
Neo-Eldentog
JK-Körper
nicht glhd. Form.

Eine eigentümliche Erscheinung war eine Art von Zonenbildung, die in einigen Stücken ohne äußeren Grund auftrat. In einigen Fällen scheint es sich um eine Art von Flußlinien zu handeln oder um eine Perle einer anderen Farbe, die beim Versand beigemengt sein mag. Eigenartig ist nur die Tatsache, daß diese Zone in einigen Fällen den

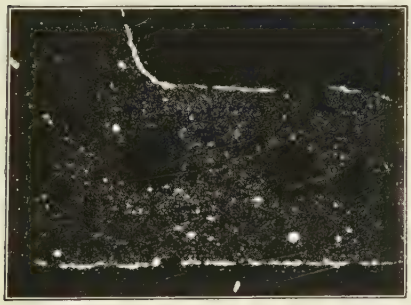


Abb. 39.
Neo-Eldentog
Sattelinlay.
Dkl. Rotglt.

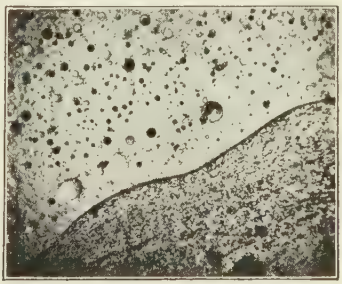


Abb. 40.
Neo-Eldentog
+ JK. Fac. n. glhd. F.

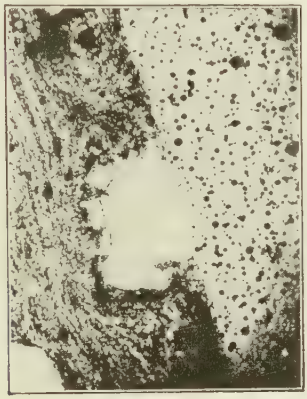
ganzen Schliff mit Einschluß des Gußzapfens umzog, sodaß doch vielleicht an eine äußere Ursache zu denken war. In der Abbildung 38 sind im helleren Teil Flußlinien nicht zu erkennen. Dieselbe Erscheinung ist in einem Schliff Feilers zu beobachten, der nicht näher darauf eingeht.

Wie vorsichtig man mit der Einschätzung der Porosität eines Gußstückes sein muß, zeigt die Fig. 39. Eine Reihe großer Hohlräume sind im Innern eines Inlayflügels verteilt, die z. T. mehr als ein Viertel der Schichtdicke ausfüllen. Es erübrigt sich festzustellen, daß Gußstücke, deren Dicke auf genügende mechanische Widerstandsfähigkeit schließen läßt, auf diese Weise vollkommen unbrauchbar werden können, ohne daß von außen irgend ein Zeichen auf die Lunkerbildung hinweist.

Nachdem in der neueren Literatur von Neubaur und Steinhausen wieder Hinweise auf die Verarbeitung des Preßporzellans zusammen mit Facetten zu Füllungen und Ersatzeinheiten erschienen sind, nachdem die Eldentog-G. m. b. H. eine eigene Hohlfacette zu diesem Zweck herausbrachte, lag es nahe, an Dünnschliffen Untersuchungen über die Art der Vereinigung der beiden Porzellanmassen anzustellen, deren Zusammensetzung und Schmelzpunkt so verschieden ist. Werden nämlich Porzellanmassen und Emaille zusammen gebrannt, deren Ausdehnungskoeffizienten voneinander verschieden sind, so treten Sprünge auf. Bei Verwendung der Schröder-Facetten von Wienand sind solche Spannungen unmöglich, da die beiden Massen — bei Verwendung der Wienanddentalmasse — einander angeglichen sind. Kirsten zeigte durch Schliffe ihre vollständige Verschmelzung an der Übergangsstelle. Feiler berichtet von Untersuchungen, nach denen diese Verschmelzung auch bei Verarbeitung des Gußporzellans mit der Eldentog-Facette eintritt.

In meinem Fall wurden eine Reihe von Spezialfacetten der Eldentog-G. m. b. H. zu Jacketkronen verarbeitet und z. T. chemisch behandelt, z. T. gefärbt, z. T. unbehandelt untersucht. Fig. 40 zeigt die Grenze zwischen einer J. K.-Facette und der angegossenen Eldentogmasse. Der Guß wurde in die nicht glühende Muffel vorgenommen. Ein Ineinanderfließen der beiden Massen konnte nicht eintreten, weil die Erweichungstemperatur der Facettenmasse bei einem unter so niedriger Temperatur vorgenommenen Guß scheinbar nicht erreicht wurde. Nichts destoweniger brach nur am unteren Teil bei einem gewaltsamen Trennungsversuch die Facette ab, im oberen Teil ging die Bruchlinie durch die Zahnmasse. Die Trennlinie im Photogramm ist scharf, nur durch die Linsenverzeichnung etwas in die Breite gezogen.

Im Gegensatz dazu treten bei hoher Gußtemperatur (hellste Rotglut) Blasen und Lunker in einzelnen Fällen zwischen den Massen auf, deren Ränder von z. T. optisch stark aktiven Kristallen ausgekleidet sind, die nur bei polarisiertem Licht klar hervortreten. Die Vereinigung der



Neo-Eldentog + JK. Fac. helle Rotglt.

Abb. 41.

Abb. 42.

wie 41 in pol. Licht.

a

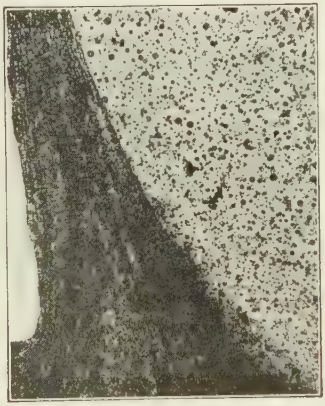


Abb. 43.

Neo-Eldentog + JK. Fac. sehr helle Rotglt.

Porzellane erscheint in diesen Präparaten schon viel dichter. Die linealscharfe Trennlinie ist nicht mehr zu sehen (Fig. 41 und 42). Bei dem Lunker zeigen die Flußlinien eine leichte Abweichung. Da die Stellen der Verbindung der Porzellanmasse mit der umgebenden Ein-

bettmasse unter Lunkerbildung dasselbe Bild zeigen, ist es nicht unmöglich, daß es sich in manchen Fällen um mitgerissene Stückchen Einbettmasse handelt, die beim späteren Schleifprozeß zerbröckeln und ausfallen können. Dafür spricht die Struktur der Einschlußkörperchen neben dem Lunker, die auf einen toten Winkel hinweist, was aber nur möglich ist, wenn der Fremdkörper eine gewisse Festigkeit hatte.

Daß die Verbindung zwischen Preßporzellan und Facette sehr zuverlässig werden kann, zeigt die Fig. 43. Hier ist die Muffel wie das Gußgut auf hellste Rotglut gebracht und unter starkem Druck gepreßt. Wider Erwarten traten nur wenig Blasen in der Gußmasse auf, dagegen zeigt die Trennlinie von der untersten Stelle der Form bis nach oben in die nächste Nähe des Gußzapfens eine eigenartige Veränderung. Nachdem ich die Annahme einer verschiedenen Stärke des Schliffes fallen lassen mußte, blieb nur die eine Erklärung, daß die Vereinigung im unteren Teil a der Muffel, wo das Gußgut zuletzt hinkam, nicht so weitgehend vonstatten ging wie im oberen Teil, wo eine vollkommene Durchmischung der beiden Strukturen eintrat, weil der Druck und die Hitze des immer neu vorbeigepreßten Porzellans größer waren.

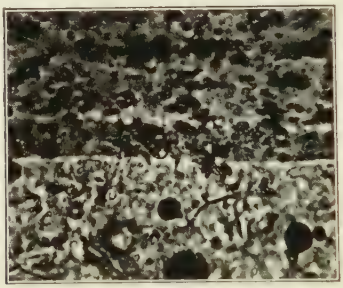


Abb. 44.
Neo-Eldentog
+ JK. Fac. 200f.

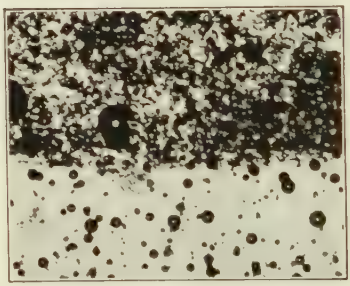


Abb. 45.
Neo-Eldentog
+ JK. Fac. 100f..

Fig. 44 zeigt im Gegensatz dazu einen Schliff, bei dem die Dicke der Trennlinie im Photogramm zu einer Überlagerung der beiden Strukturen führt, doch sehen wir in diesem Fall deutlich die beiden hellen Linien, die den Verlauf der Grenze bezeichnen.

Fig. 45 zeigt ein Mikrophotogramm eines Schliffes, der von einer bei heller Rotglut mit mäßigem Druck gegossenen Krone stammt. Die Muffel wurde jedoch nur bis zur Dunkelrotglut vorgewärmt. Zur Verwendung kam eine dunkle Farbe. Die Trennlinie deutet auf eine zu-

verlässige Vereinigung hin, die jedoch die in der Mitte sichtbare Blase, welche mit Schleifstaub gefüllt ist, von Gußmasse freigelassen hat. In der Zahnmasse zeigen sich einige größere abgerundete Quarzkristalle.

Eine Reihe von Jacketkronen wurden in je dreimal 24 Stunden mit Fuchsin-Alkohol, Methylenblau sowie mit Zucker und konzentrierter Schwefelsäure behandelt. Die Versuche verliefen so, daß in keinem Fall eine Schwärzung oder ein Eindringen der Farblösung zwischen Facette und Gußmasse eintrat.

Die verschiedenen Ansichten, die sich in der Literatur über die Zusammensetzung des Eldentog-Porzellans finden, mußten die Veranlassung geben, die feinere Struktur der Masse zu untersuchen, um daraus evtl. Schlüsse auf die wirkliche Zusammensetzung des Materials vertreten zu können.

Wie schon erwähnt, zeigt die Grundmasse bei mittlerer Vergrößerung eine vollkommen gleichmäßige glasige Struktur mit eingelagerten dunklen Massen und — nur bei den dunklen Farben — feinsten Nadeln, die erst bei stärkerer Vergrößerung einwandfrei zu erkennen sind.

Diese Nadeln machen die Umordnung der dunklen Einlagemassen im Augenblick des Pressens vollkommen mit. Fig. 47 zeigt die Nadeln in der Gußperle frei in der Masse sternförmig zusammengelagert. Die feine Schlängelung der Umrisse ist jedenfalls optischen Einflüssen zuzuschreiben. Trotzdem die Sternfiguren ungemein häufig sind, handelt es sich doch bloß um ein lockeres Anliegen der Kristallnadeln; denn im Augenblick des Pressens ordnen sie sich wie die umgebenden Massen in der Richtung des Preßstromes an. (Fig. 48). Ihre Länge betrug nach meinen Feststellungen durchschnittlich 0,024 mm, wobei eine evtl. Übereinanderlagerung der Nadeln immer eine Fehlerquelle darstellte. In den helleren Farben zeigten sich die Nadeln — soweit vorhanden — stets meist zerbrochen.

Die Sternfiguren meiner Schliffe gleichen vollkommen denen, die auf einigen Schliffen von Hirsch zu sehen sind, welcher die Durchschnittslänge der von ihm gemessenen Kristallnadeln auf ca. 0,02 mm angibt.

Das stimmt überein mit der Angabe von Neubaur über das Vorhandensein von Kaolin in der Masse. Doch muß ich zu der von Metzger wiedergegebenen Analyse von Greth betonen, daß nach allgemeinen Einzelfeststellungen die Zusammensetzung der Masse in den verschiedenen Farben sehr stark variiert. Die Angabe von Feiler

z. B., daß durchgehend in allen Farben des Eldentog Kristallnadeln gefunden werden, kann ich nicht bestätigen. In den hellen Massen sind nur körnige Einschlüsse vorhanden. Äußerlich liegt ein Widerspruch darin, daß der Schmelzpunkt der Masse bei weitem nicht eine Tempe-

Grenzlinie zw. Neo-Eldentog u. JK. Fac. pol. Licht 40f.

Abb. 46.

Abb. 47.
Gußperle d. Farbe 20 400f.

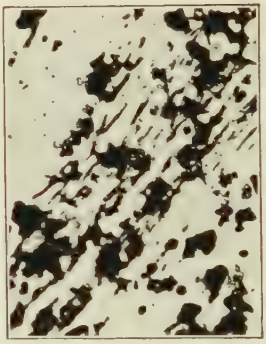


Abb. 48.
Neo-Eldentog Inlay 20. 450f.

ratur von etwa 1400° erreicht, welche ja als die Grenze anzusehen ist, jenseits der man mit dem Vorhandensein von Mullitkristallen rechnen kann.

Die Tatsache, daß die Nadeln nur in den dunklen Farben (Fig. 46, 50), am meisten in denen leicht sandigen Aussehens zu finden sind, stimmt aber vollkommen überein mit der oben erwähnten Feststellung, daß die dunklen Farben gegen Temperaturschwankungen erheblich

widerstandsfähiger sind als die hellen Töne. Nachdem ferner die Aufnahme in polarisiertem Licht die für Mullitkristalle typische Gitterlagerung erkennen läßt, (Fig. 50), in der umgebenden Masse kleinste Kristallsplitter mit deutlich ausgeprägter Auslöschungsrichtung er-

F. 20 ca. 820f.
Neo-Eldentog.
Krist. Nadeln

Abb. 49.

Abb. 50.
N-Eld. F. 20, pol. L. 260f.

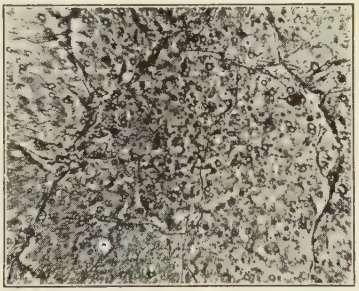


Abb. 51.
Robanglas der Schott A. G.

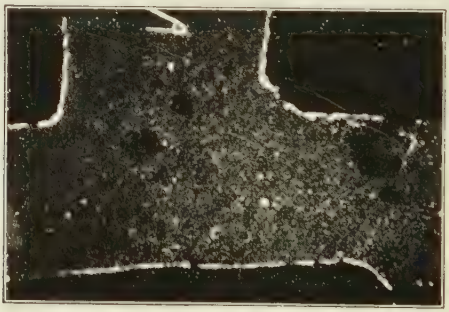
scheinen, dürfte der Schluß dahin lauten, daß es sich bei dem Eldentog um eine borsäurehaltige Glasmasse handelt, der in wechselndem Maße je nach den Farben eine hochschmelzende Fritte zugesetzt ist. Das bedeutet eine teilweise Bestätigung auch der von F e i l e r über diesen Punkt geäußerten Ansicht.

Der Schmelzprozeß des Preßporzellans vollzieht sich also, ohne daß die Mullitkristalle und sonstige Fritteneinlagerungen an dem Schmelzen der umgebenden Glasmasse einen Anteil nehmen. An und für sich charakteristisch für Hartporzellane mögen sie durch ihr Verhalten bei starken Temperaturschwankungen die innere Stabilität der

Masse erhöhen. Keinesfalls kann aber aus diesem Zusatz, der zu der inneren Struktur der Glasmasse ohne jede Beziehung steht, die Berechtigung des Namens Porzellan für die Eldentogmineralfüllung hergeleitet werden, wenn auch dieser Name sich in der Praxis vollständig eingebürgert hat.

Zum Vergleich zeigt Abb. 51 einen Dünnschliff durch das porzellanähnliche Robanglas der Schott A.-G. Jena. Es handelt sich um eine ausgesprochene Glasmasse ohne Quarzkristalle etc., wie sie sich in der Eldentog I. K.-Facette finden, die im Dünnschliff fast dasselbe Aussehen hat, keine Mullitkristalle aufweist, dafür aber wenige große Quarzkristalle (Fig. 45, 46 oberer Teil).

Die Klagen, die sich in der einschlägigen Literatur überall in Bezug auf das Passen der Eldentogfüllungen vorfinden, sobald annähernd parallele Wände die Kavität begrenzen, ohne daß auch nur in einem Fall eine stärkere Volumenveränderung des Stückes dafür verantwortlich gemacht werden konnte, ließen von vornherein darauf schließen, daß eine Verbindung des Porzellans mit der Einbettmasse immer in geringem Maße eintreten mußte. Eigenartigerweise zeigten auch ausgearbeitete Inlays diesen Überzug, den die Figuren 39 und 52 zeigen, und in solch einer Regelmäßigkeit, daß dieser Prozeß die gesamte äußere Schicht eines jeden Gußstücks erfaßt. Bezeichnenderweise war dieser Überzug nur in polarisiertem Licht deutlich zu sehen.



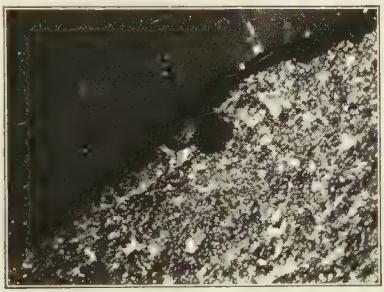
Neo-Eldentog
S-inlay,
pol. Licht. 15f.

Abb. 52.

Bei einfachen Formen der Füllung mag sich durch sorgfältiges Ausarbeiten diese Fehlerquelle leicht ausschalten lassen; bei komplizierten Formen, wo evtl. noch unter dem Einfluß der Gußtemperatur leichte Volumänderungen hinzutreten können, ist das Passen einer Füllung hierdurch sehr erschwert. Bei meinen Gußversuchen konnte

ich die Erfahrung machen, daß allein eine kurze Behandlung mit Salzsäure — nötigenfalls unter Erhitzen — genügte, um das Inlay in allen Fällen eines sonst einwandfreien Gußes zum Passen zu bringen. Dabei verschwanden allerdings manchmal feinere Ausläufer vollständig, weil sie eben aus verunreinigtem Porzellan bestanden, sodaß daraus keinesfalls auf eine ungenügende Säurefestigkeit der Masse geschlossen werden kann.

Durch eine Trennung des Porzellans von der Einbettmasse z. B. mit Goldfolie, was bei indirektem Arbeiten keine Schwierigkeiten macht und bei direktem Abdruck in Kombination mit Wachs auch meist möglich ist, läßt sich diese Fehlerquelle auf das einfachste umgehen. (Fig. 53).



Neo-Eldentog
Folienauskleidung.

Abb. 53.

Im Eingang wurde Münchs Warnung vor zu starkem Preßdruck zitiert. Bei meinen Güssen fand ich diese Warnung so berechtigt — dies zugleich mit den Schwierigkeiten in der Bestimmung der richtigen Preßtemperatur — daß ich versuchte, für diese Frage in der Konstruktion des Eldentogpreßapparates eine Lösung zu finden. (Fig. 54 zeigt den schematischen Querschnitt des Eldentogpreßapparates in der Konstruktion, die heute vertrieben wird. Die Wirkungsweise braucht nicht weiter erläutert zu werden. Dieser Preßapparat gestattet keinerlei Regulierungsmöglichkeit des Preßdruckes, da die angewandte Kraft, je nach Stellung und Anstrengung des Ausführenden verschieden, durch starre Verbindung auf den Stempel übertragen wird.

Eine Änderung, die im Falle ihrer Durchführung keinerlei größere Umkonstruktion benötigt, zeigt die Figur 55. Hier ist zwischen dem Preßkopf K und dem Stempel eine Art von Pufferfeder eingeschaltet,

die stets einen gleich starken Druck zur Auswirkung kommen läßt, wenn der aus Holz bestehende Preßkopf bis zum Anschlag der Außenverschalung an den Metallmantel heruntergedrückt wird. Die Arretierung des Stempels unter dauernder Spannung geschieht durch den oberen Stempelkopf St, der durch Schraubengewinde in den Stempelschaft eingelassen ist.

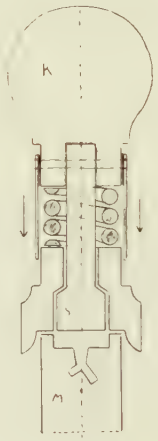


Abb. 54.
Eldentog-Preßapp.
schemat. Querschnitt.

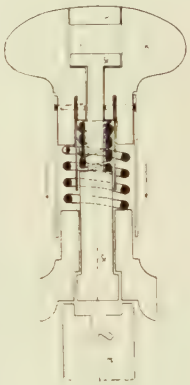


Abb. 55.
Umkonstruktion des Eldentog
Eldentog-Preßapp.
schemat. Querschnitt.

Einer Konstruktion, die eine gleichmäßige Vorwärmung ermöglicht mit dem Hauptziel, daß im Augenblick des Gußes eine stets gleiche Temperatur erreicht ist, stehen sehr große Schwierigkeiten entgegen, die nur in einer Spezialfabrik durch Erfahrung auszuschalten sind, wenn auch zur Vermeidung eines Pyrometers, welches die Anlage unnötig verteuern würde, ohne weiteres das Preßporzellan in einer geeigneten Form zur Anzeigung der entsprechenden Temperaturen verwandt werden könnte.

Zusammenfassung.

Die heute bekannten Methoden des Kondensierens, Trocknens und Brennens der in der zahnärztlichen Keramik verwandten Porzellanmassen wurden, zum Teil in polarisiertem Licht, einer mikroskopischen Untersuchung hinsichtlich ihrer Resultate unterworfen, um daraus für den technischen Arbeitsgang bestimmte Richtlinien zu gewinnen.

Das Gußporzellan Neo-Eldentog wurde in diese Untersuchung einbezogen, um verschiedene Fragen, die in der Literatur offen geblieben waren, möglichst lückenlos zu klären.

Es ergab sich, daß die verschiedenen Arten des Kondensierens bezw. Trocknens nur in wenigen Fällen (Rüttelschlagverfahren) in der Größe bezw. der Verteilung der Kristalle im gebrannten Stück charakteristische Unterschiede aufweisen. Bei dem genannten Verfahren beruht dies auf einer Überschichtung der kleinsten Kristalle durch gröbere Teilchen bei lange hingezogenem Rüttelprozeß.

Eine Beeinflussung der Transparenz erscheint nicht ausgeschlossen, konnte jedoch mangels besonderer Prüfapparate nicht verfolgt werden.

Die Durchsetzung der Masse mit Luft- bezw. Gasblasen erwies sich als außerordentlich wechselnd. Bei Erhöhung der Zahl der Brände zeigten die Lufträume eine deutliche Vergrößerung.

Die Frage, ob destilliertes oder Leitungswasser verwandt werden soll, wurde in diesem Zusammenhang nicht erörtert; es sollte jedoch immer abgekochtes Wasser verwandt werden.

Jede Anwendung von Hitze zur Austrocknung der frisch aufgebauten Masse ist zu verwerfen, da durch die erstarrte Oberflächenschicht keine Luftblasen nach außen entweichen können, sondern sich in geringer Tiefe zu einer die Transparenz und mechanische Widerstandsfähigkeit des Stückes schädigenden Schicht ansammeln.

Die besten Resultate lieferten das Rüttelschlagverfahren bezw. seine Kombination mit dem künstlichen Trockenverfahren von Kretz. Das Trockenverfahren von Kretz wie wohl auch alle auf diesem Gedanken beruhenden Methoden kann nicht als selbständiges Verfahren gewertet werden, da sein Einfluß vollkommen von der jeweiligen Kon-

densiertechnik überdeckt wird. Wohl ermöglicht es eine beträchtliche Verkürzung des ersten Brandes.

In Stücken, deren Oberfläche glatt und transparent erschien, war die Randschicht fast blasenfrei, im Inneren befanden sich nur einige große Hohlräume. Immer erwiesen sich Stücke mit schlechter Transparenz und matter Oberfläche namentlich in der Randschicht mit Luft- und Gasblasen durchsetzt.

Unter Einhaltung einer bestimmten Methodik sind sowohl das Rüttelschlag- als auch das künstliche Trockenverfahren auch auf durch organische Zusätze plastisch gemachte Massen anwendbar. (Blockmassen).

Mullitkristalle wurden in keinem der untersuchten Schliffe gefunden.

In Bezug auf das Gußporzellan Neo-Eldentog wurde festgestellt, daß beim Pressen in jedem Fall eine Verbindung des Porzellans mit der umgebenden Einbettmasse eintritt.

Es wurde das Auftreten von Kristallnadeln beobachtet, deren Schmelzpunkt ganz offenbar weit über dem der Masse liegt, und die wahrscheinlich mit Mullitkristallen identisch sind. Dies stimmt mit den Resultaten F e i l e r s nur in Bezug auf die dunklen Farben überein, in denen sich die Nadeln fast ausschließlich finden, und die gegen Temperaturschwankungen weit widerstandsfähiger sind als die hellen Farben. Die mikroskopische Struktur der Masse läßt deshalb den Schluß zu, daß das Eldentog aus einer vollkommen glasartigen Masse besteht, der in wechselnder Menge und Mahlung eine hochschmelzende Fritte zugesetzt ist.

Bei Verarbeitung von I.-K. Facetten wurde im Gegensatz zu den Schröderfacetten festgestellt, daß ein Verfließen der Trennlinie nur bei höchsten Temperaturen in Einzelfällen eintritt, es sich also nur um ein Verkleben der beiden Massen handeln kann. Die Farbproben verliefen nichtsdestoweniger negativ.

Als Hauptursachen von Mißerfolgen beim Pressen werden zu starker Druck und zu hohe Erhitzung beim Pressen angesehen.

Durch entsprechende Gußtechnik bezw. nachträgliche Behandlung des Stückes lassen sich diese Fehlerquellen umgehen.

Am Schluß dieser Arbeit sei es mir gestattet, Herrn Prof. Dr. Klughardt für die Überlassung des Themas sowie für sein freundliches Interesse während der Ausführung meinen geziemenden Dank auszusprechen.

Die Mikrophotogramme wurden im Institut für angewandte Optik des mathematisch-physikalischen Instituts Abbeanum angefertigt. Ich darf an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Jentzsch meinen Dank aussprechen, ebenso Herrn Dr. Münster, der mich in liebenswürdiger Weise bei dem Aufstellen der Apparate unterstützte.

Literatur.

1. **Bieroth:** Z.R. 1928 Nr. 25; Über Porzellanguß.
2. **Brill:** Zahnärztliche Porzellanarbeiten, Berlin b. Herm. Meusser.
3. **Budewig:** Keram. Rundschau 1931, Nr. 11; Schwindungsunterschiede beim Formen und Trocknen von Steingutwaren usw.
4. **Feiler:** Z.R. 1927, Nr. 46; Einlagefüllungen.
   — ZR. 1928, Nr. 43; Die Porzellangußfüllung.
   — Kbl. f. Z. 1931 Nr. 1. Indikation und Technik der Gußporzellanfüllung.
5. **Freymuth:** Keram. Rundschau 1924, Nr. 48 Refer. Über die Herstellung künstlicher Zähne.
6. **Greve:** Fortschritte der Zhlk. Bd. 4, p. 480 Füllungen und Füllungsmethoden.
7. **Günter u. Loebell:** D. M. f. Z. 1926, p. 203; Über Belastungsprüfungen künstlicher Zähne.
8. **Hirsch:** Keram. Rundschau Jhrg. 34, Nr. 43; Die Wirkung verschiedener Formen von Kieselsäure in Porzellanmassen.
9. **Kirsten:** Die Jacketkrone, Berlin, 1929, Meusser.
10. **Kretz:** Z. R. 1930 Nr. 27, Das Formentrocknen der Porzellankronen vor dem Brennen.
11. **Knoche:** Beiträge zur prothetischen Keramik. Deutsche Zahnheilkunde Nr. 80.
12. **Lewin:** Refer. Z. R. 1931 Nr. 25.
13. **Mayer:** Z. R. 1929 ,Nr. 41. Das Verwendungsgebiet der Porzellangußfüllung.
14. **Metzger:** D.M.f.Z. 1929 p. 1089. Über Porzellangußfüllungen unter besonderer Berücksichtigung des Eldentogverfahrens.
15. **Moeser:** Z.R. 1928, Nr. 46. Über Porzellanfüllungen unter besonderer Berücksichtigung des Neo-Eldentog.
16. **Moral:** Untersuchungen an künstlichen Zähnen. Berl. Verl.Anst. 1929.
17. **Münch:** Z.R. 1928, Nr. 36. Über Porzellanfüllg. unter besonderer Berücksichtigung von Neo-Eldentog.
18. **Neubaur:** Z.R. 1928. Nr. 16. Gußporzellan Eldentog, Fehlerquellen, einfache Technik.
   — 1928 Eldentogporzellan in seiner Verwendung als Inlay, Randfüllung, zur Rekonstruktion tief zerstörter Zähne und als Jacketkrone. Meusser; Ref. Z. R. 35.
   — Z.R. 1930 Nr. Nr. 7. Edentogkeramik.
19. **Pukall:** Über Schwindungserscheinungen keramischer Massen. Sprechsaal f. Keram. und verwandte Industrien, Koburg 1928.
20. **Rech:** Prothetische Keramik, Berlin 1927.

21. **Rieke:** Das Porzellan, Dr. Jäneke Verl. Leipzig 1928.
22. **Russo:** Z.R. 1928 Nr. 4. Über Porzellangußfüllungen.
— D.z.W. J. 32, 157; Über Porzellanguß.
Z.R. 1929 Nr. 34; Über die Haltbarkeit von Porzellanmantelkronen und das Müllersche Rüttelschlagverfahren.
23. **Rosenthal:** L'Odontologie 1930, Nr. 11. Considerations sur deux matières d'obturation, le Neo-Eldentog et l'Acolite
24. **Scheer:** Z.R. 1928, Nr. 14. Über Gußversuche mit dem neuen Gußporzellan Neo-Eldentog.
25. **Steinhausen:** Z.R. 1930. Nr. 14. Füllungsmethoden unter besonderer Berücksichtigung des Eldentog-Gußporzellans.
26. **Selberg:** The journal of the American Dental Association 18. 7. 1931.
27. **Trab:** Keram. Rundschau 1917, Nr. 13. Ein eigenartiges Zahnpatent.
28. **Watts:** Keram. Rundschau. Ref. 1920, Nr. 21. Herstellung künstlicher Zähne.
29. **Wenzel:** D. z. W. 1931 Nr. 25. Erfahrungen mit Eldentog Gußporzellan.

Abkürzungen.

JK. = Jacketkrone
VK. = Versuchskörper
RS. = Rüttelschlagverfahren
JS. = Jäcksiccator
LT. = Lufttrocknung
HT. = Hitzetrocknung über der Flamme
HK. = Handkondensierung mit dem Riffelinstrument
GB. = Garbrand = 1380° Celsius
Ev. = Evakuierung
Mt. = Wasserentziehung durch Aufstreuen pulvertrockener Masse

Lebenslauf.

Geboren am 15. März 1908 als Sohn des Gutsbesitzers Dr. phil. Albert Wienands in Hutzfeld (Mecklenburg) erhielt ich, Gustav Wienands, meine erste Schulbildung privat und trat dann in das humanistische Gymnasium zu M. Gladbach ein, welches ich mit Obersekundareife verließ, um auf das Reformgymnasium zu Rheydt überzusiedeln, wo ich im März 1926 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1926/7 wurde ich an der Universität Würzburg als Studierender der Zahnheilkunde immatrikuliert und bestand zu Ende des Wintersemesters 1927/8 das zahnärztliche Vorexamen.

Nach dem Sommersemester 1928 verließ ich Würzburg, um mein Studium an der Universität Berlin fortzusetzen, wo ich im Sommersemester 1930 das zahnärztliche Staatsexamen ablegte.

Seit September 1930 bin ich in Jena als Assistent tätig.